

Apresentação às Estrelas

# CURIOSIDADES ACERCA DO ESPAÇO E DO TEMPO

29 de Junho de 2012

José Figueiredo

(<http://w3.ualg.pt/~jlongras/>)



# O despontar da Ciência

Até há cerca de 2500 anos as explicações dos diferentes fenómenos eram baseada em mitos mais ou menos interessantes e criativos. Por essa altura deu-se o **despertar da Ciência**, que «começou» na Jónia, uma região da Grécia Antiga, quando algumas pessoas começaram a pensar que tudo era feito de átomos; que os seres humanos e os outros animais tinham resultado de formas simples; que as doenças não eram causadas por demónios ou deuses, que a Terra era apenas um planeta que gira à volta do Sol e que as estrelas estavam muito, muito longe. **Assim nasceu a ideia de que o Universo é conhecível e que podemos desvendar os seus segredos.**

Tudo começa quando se põem em causa os conhecimentos estabelecidos, e se apresentam novas explicações para os fenómenos em resultado:

- ⇒ da curiosidade, da observação cuidada e do espírito crítico
- ⇒ da experimentação e/ou verificação/teste das teorias científicas

Estes são os «ingredientes» essenciais para descoberta dos «segredos» do Universo.

Tu podes também descobrir muita coisa fazendo bom uso deles.

# Plano

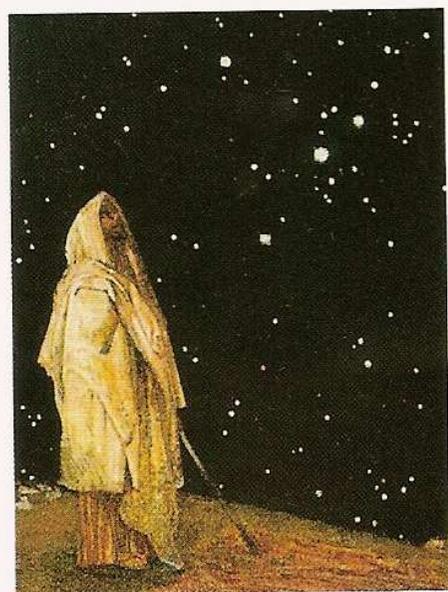
3

- Será que o Universo existiu sempre?
- Como é que sabemos coisas acerca de corpos celestes?
- Modelos cosmológicos
- A Terra é plana ou esférica?
- Planetas, Cometas e supernovas
- Afinal a Terra roda e não está no centro do Mundo
- Os tamanhos dos Mundos
  - ▣ Como se pode determinar o tamanho da Terra
  - ▣ Os tamanhos da Lua e do Sol
  - ▣ O tamanho do sistema solar – trânsito de Vénus
  - ▣ O tamanho do *nosso* Universo

Adaptado de “As descobertas que mudaram o mundo”, JF (<http://w3.ualg.pt/~jlongras/palestras.html>)  
<http://www.scribd.com/doc/4065164/Fisica-As-Descobertas-que-Mudaram-o-Mundo>

# As constelações

4



## OBSERVAR OS CÉUS

Os primeiros astrónomos foram os pastores que observavam o céu procurando sinais da mudança das estações. As noites claras ter-lhes-iam dado oportunidade para identificar figuras conhecidas e reparar nos movimentos dos corpos celestes mais brilhantes.

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Orion.ogv>



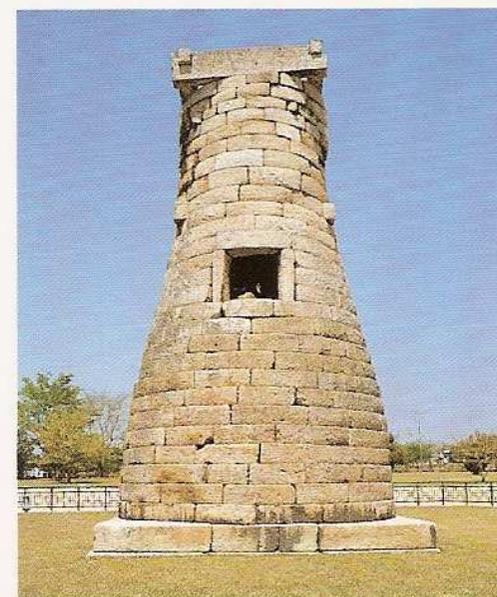
# Os primeiros astrónomos

5



## O CATALOGADOR DE ESTRELAS

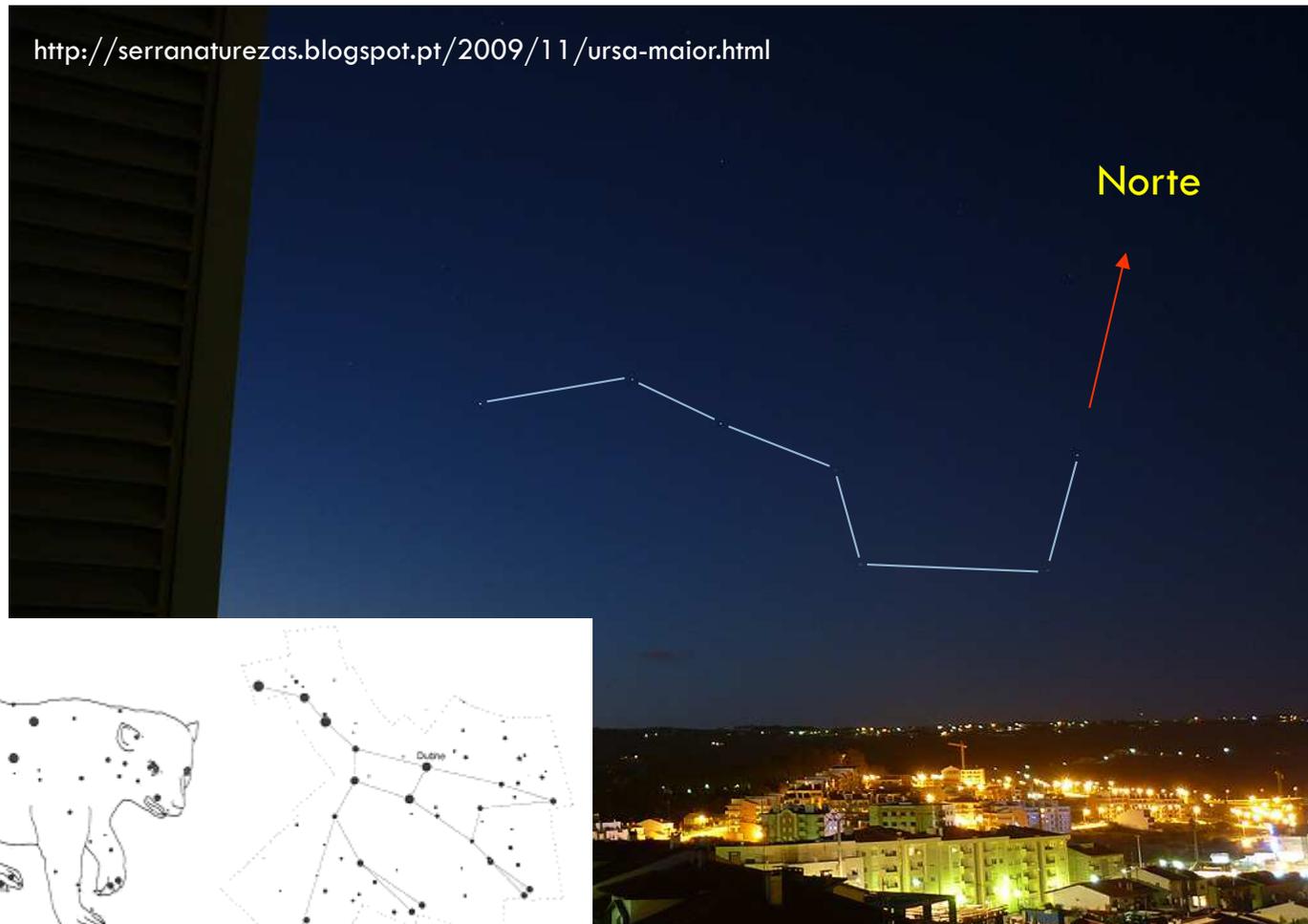
Hiparco (190-120 a. C.) foi um dos maiores astrónomos gregos. Catalogou para cima de 1000 estrelas e desenvolveu a ciência matemática da trigonometria. Aqui, ele olha para o céu através de um tubo que o ajuda a isolar as estrelas



**O OBSERVATÓRIO MAIS ANTIGO DO MUNDO**  
O observatório mais antigo que chegou até nós foi o Observatório Chomsung Dae em Kyongju, na Coreia. A sua estrutura simples em forma de colmeia, com uma abertura central no tecto, assemelha-se a várias outras construções pré-históricas espalhadas pelo Mundo. Muitos observatórios modernos (págs. 26-27) ainda têm uma abertura idêntica no tecto.

# O céu pode ser usado para orientação

6

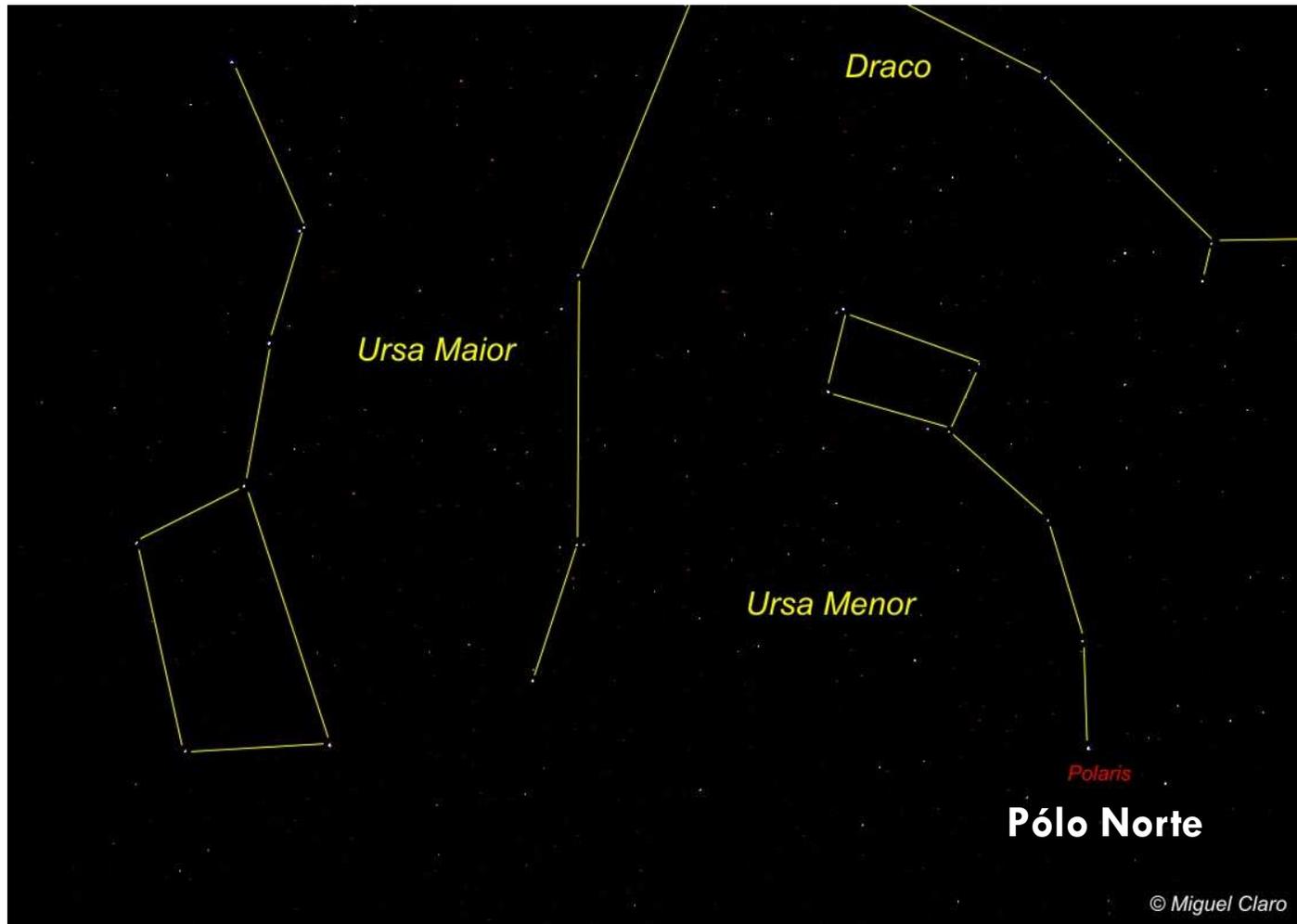


<http://www.ccvalg.pt/astronomia/historia/antiguidade.htm>

José Figueiredo, FCT-UAlg

# Mapear o céu

7



Será que o Universo é infinito e existiu sempre?

Porque é que o céu é escuro durante a noite?

# Será que o Universo existiu sempre?

9

Universo infinito  
(no tempo e no espaço)



(Paradoxo de Olbers)

Astronomia, Visual Ciência, Editorial Verbo, Lisboa

Universo finito (no tempo)



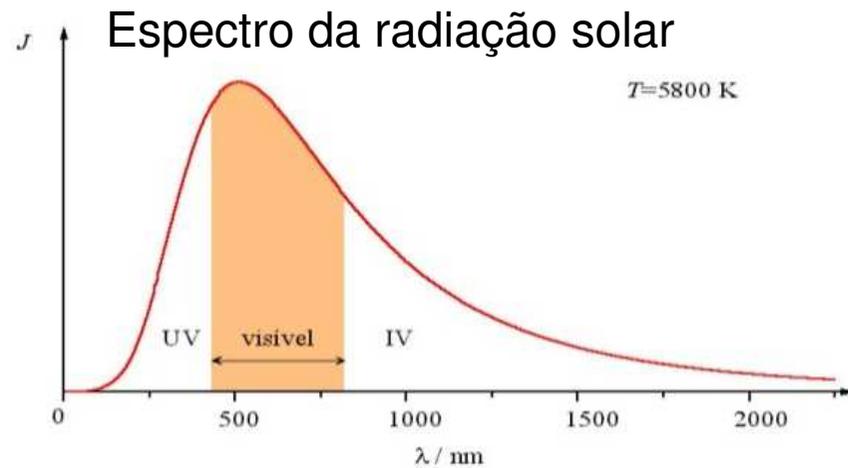
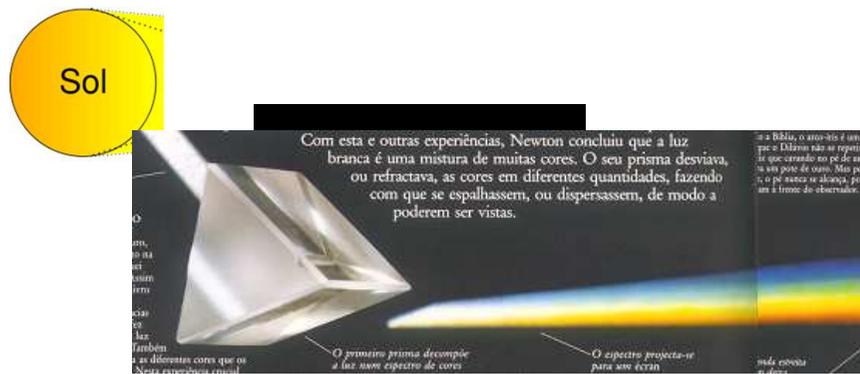
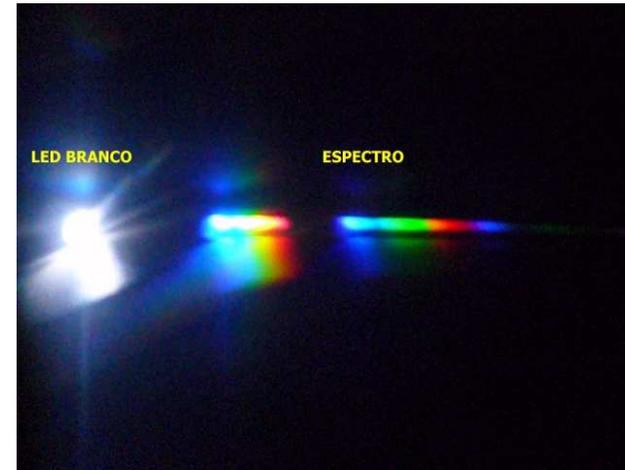
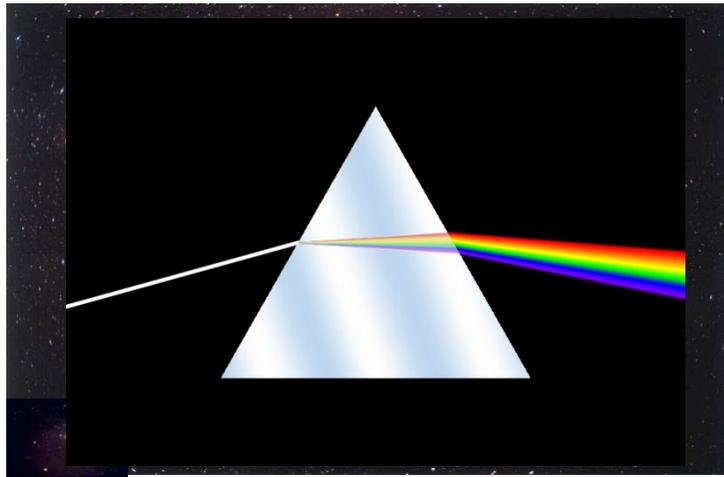
Idade estimada do nosso Universo:  
~13 mil milhões de anos!

José Figueiredo, FCT-UA1g

Como é que sabemos tantas coisas acerca  
das estrelas se nunca fomos lá?

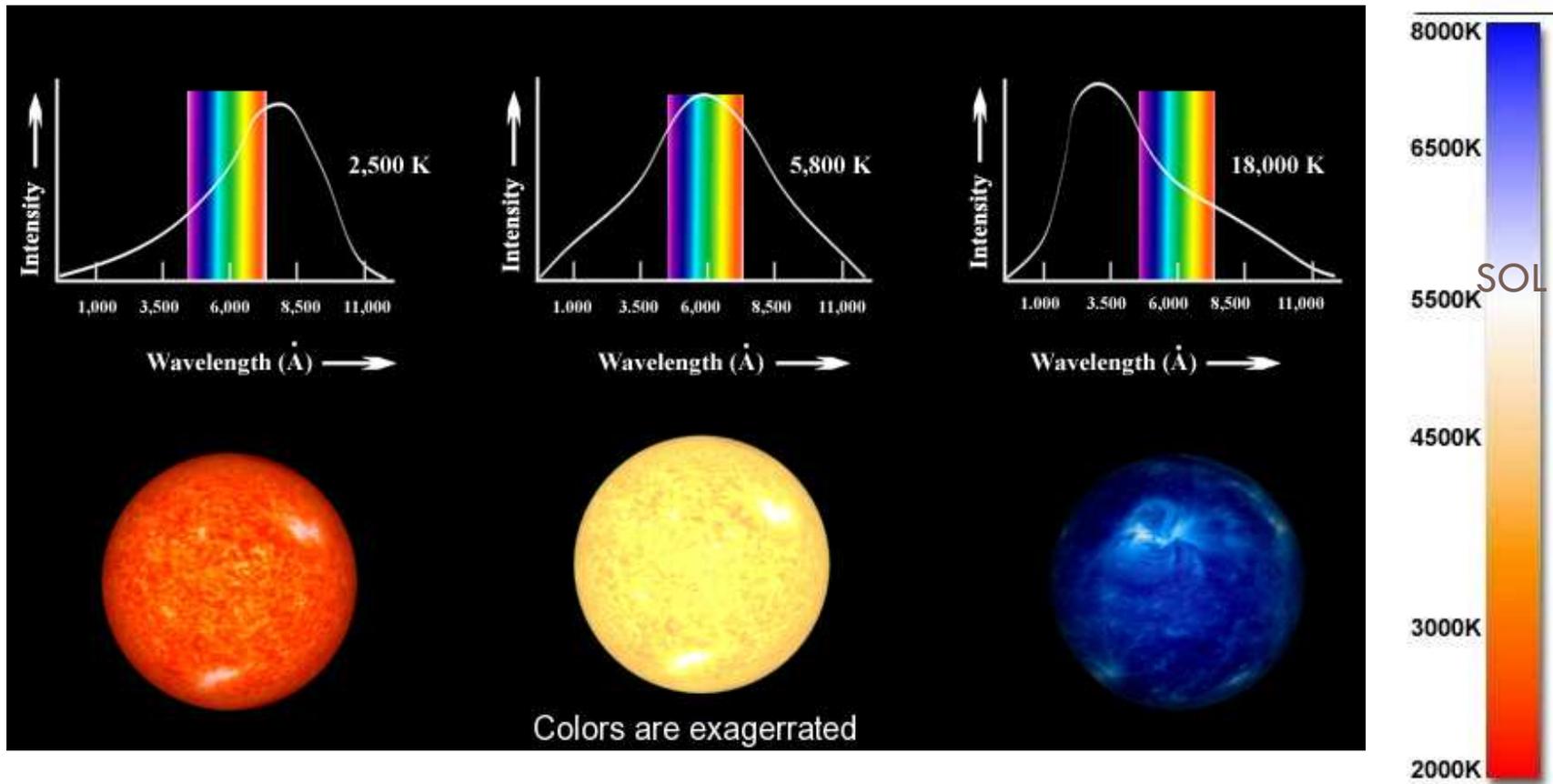
# A luz das estrelas indica-nos muitas coisas

11



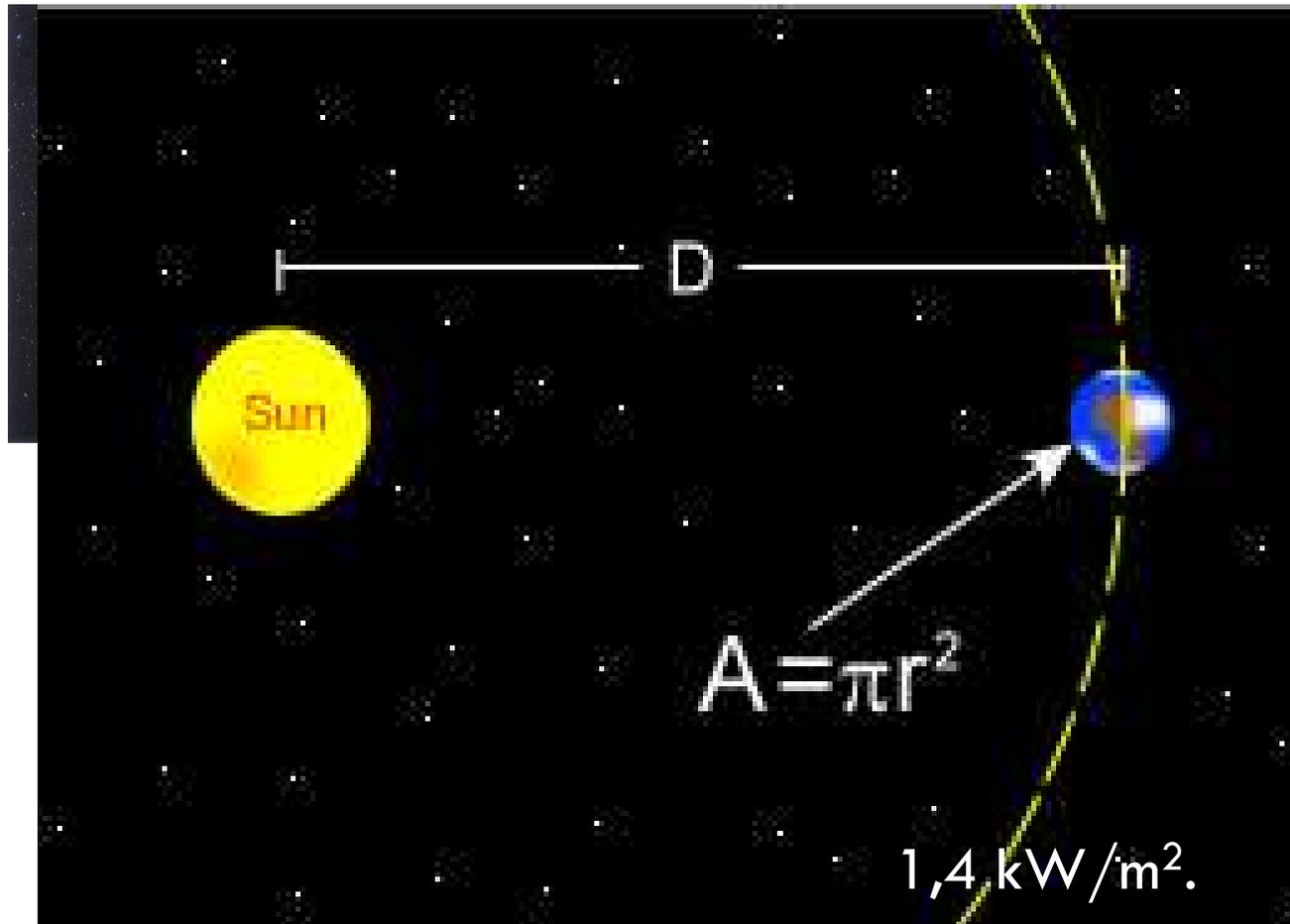
# A cor indica-nos a temperatura da superfície

12



# A quantidade de luz indica-nos o tamanho

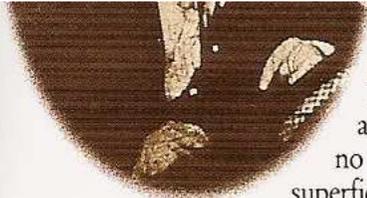
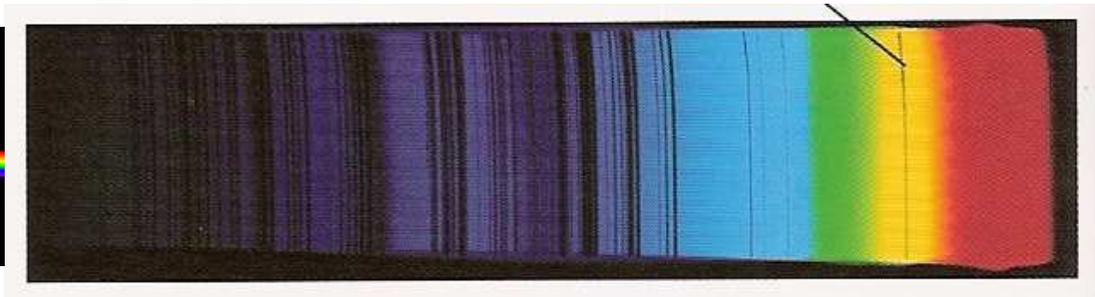
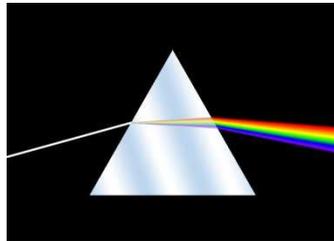
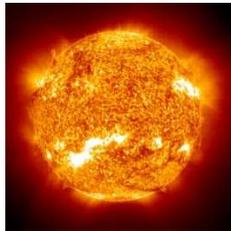
13



Potência emitida pelo Sol ( $P_S$ ):  $P_S = 3.839 \times 10^{26} \text{ W} \rightarrow R_{\text{raio do Sol}} \sim 700 \text{ mil km.}$

# O espectro indica-nos de que são feitas

14

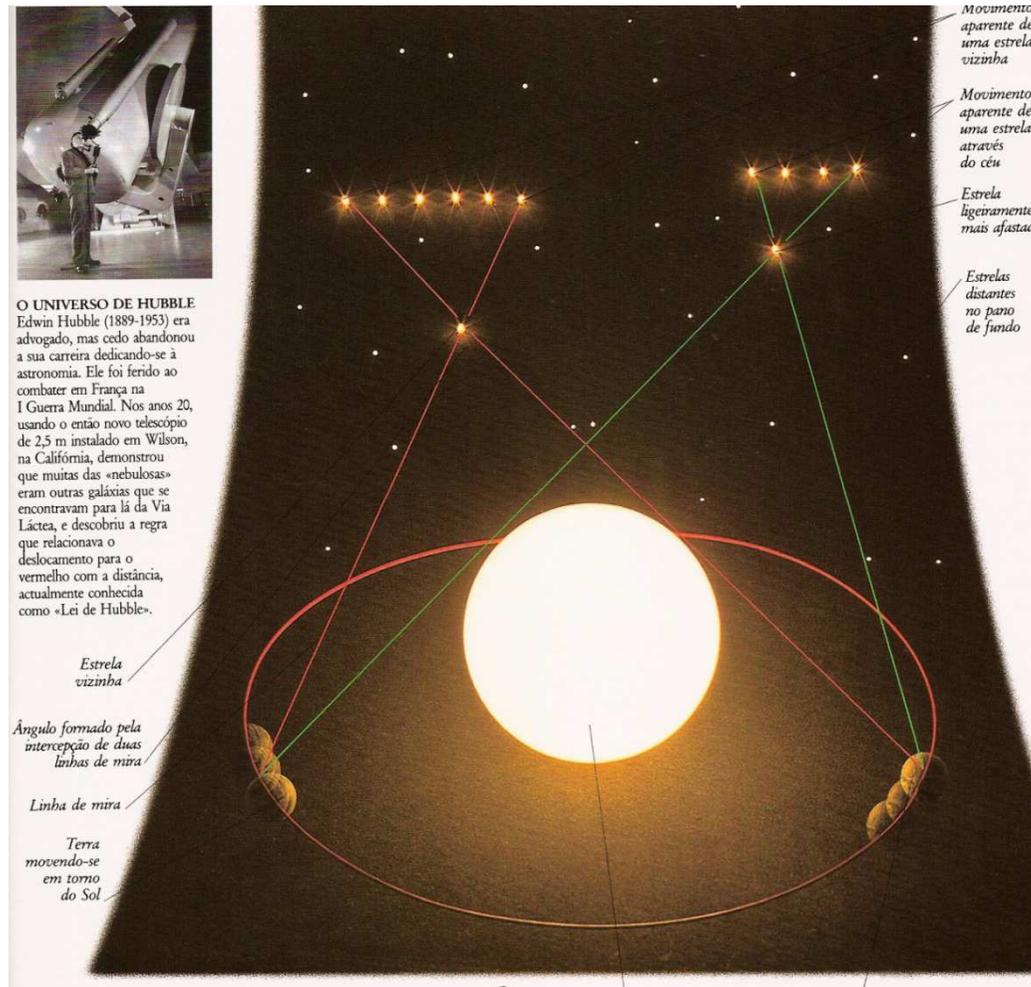


**NORMAN LOCKYER (1836-1920)**  
Durante o eclipse solar de 1868, alguns astrónomos detectaram uma nova risca no espectro da cromosfera, a zona superficial do Sol (pág. 39). O astrónomo inglês Lockyer mostrou que ela não coincidia com nenhum elemento conhecido. O elemento recém-descoberto recebeu o nome de hélio (do nome do deus grego do Sol, *Helios*). Contudo, foi só em 1895 que o hélio foi descoberto na Terra.

**O QUE EXISTE NO SOL?**  
Quando uma chama de sódio é vista através de um espectroscópio (*à esquerda*), o espectro de emissão apresenta as riscas amarelas brilhantes (*acima*) características daquele elemento. O espectro solar (*acima*) mostra um certo número de estreitos espaços ou riscas escuras. Estas linhas são as chamadas linhas de Fraunhofer e foi a partir delas que a composição química do Sol pôde ser determinada. As duas riscas escuras na parte amarela do espectro correspondem ao sódio. Como não há sódio na atmosfera terrestre, deve ter vindo do Sol.

# A luz indica-nos a que distância estão de nós

15



**O UNIVERSO DE HUBBLE**  
Edwin Hubble (1889-1953) era advogado, mas cedo abandonou a sua carreira dedicando-se à astronomia. Ele foi ferido ao combater em França na I Guerra Mundial. Nos anos 20, usando o então novo telescópio de 2,5 m instalado em Wilson, na Califórnia, demonstrou que muitas das «nebulosas» eram outras galáxias que se encontravam para lá da Via Láctea, e descobriu a regra que relacionava o deslocamento para o vermelho com a distância, actualmente conhecida como «Lei de Hubble».

# Se estão perto ou longe

16

## DESLOCAMENTO DA ANDRÓMEDA

Como o Universo se encontra em expansão (pág. 43), a luz de corpos distantes é desviada durante a sua viagem até nós, movendo-se em direcção ao vermelho do espectro, fenómeno a que se dá o nome de «deslocamento para o vermelho». No entanto este fenómeno não se verifica no caso da galáxia Andrómeda, uma vizinha da Via Láctea.



Galáxia da Andrómeda e o seu espectro



## GALÁXIAS DO CÚMULO

As galáxias do cúmulo, que se encontram a uma distância de 350 milhões de anos-luz, aparecem nos nossos telescópios como gotas. O valor do seu deslocamento para o vermelho, 0,022, é proporcional à distância a estas galáxias. Uma galáxia com o dobro do deslocamento para o vermelho está duas vezes mais longe.

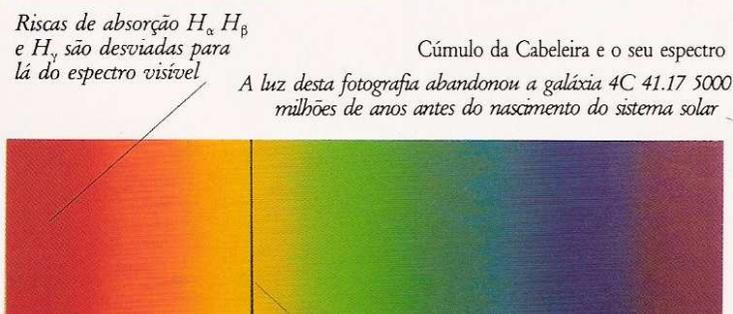


Cúmulo da Cabeleira e o seu espectro



## DESLOCAMENTO DA 4C 41.17

A galáxia 4C 41.17 é tão distante que o seu deslocamento para o vermelho é de 3,8, o que equivale a uma distância de 10 000 milhões de anos-luz. Para deslocamentos superiores a 0,3, a regra da proporcionalidade deixa de se poder aplicar, e neste caso os astrónomos utilizam cálculos baseados nas teorias de Einstein.



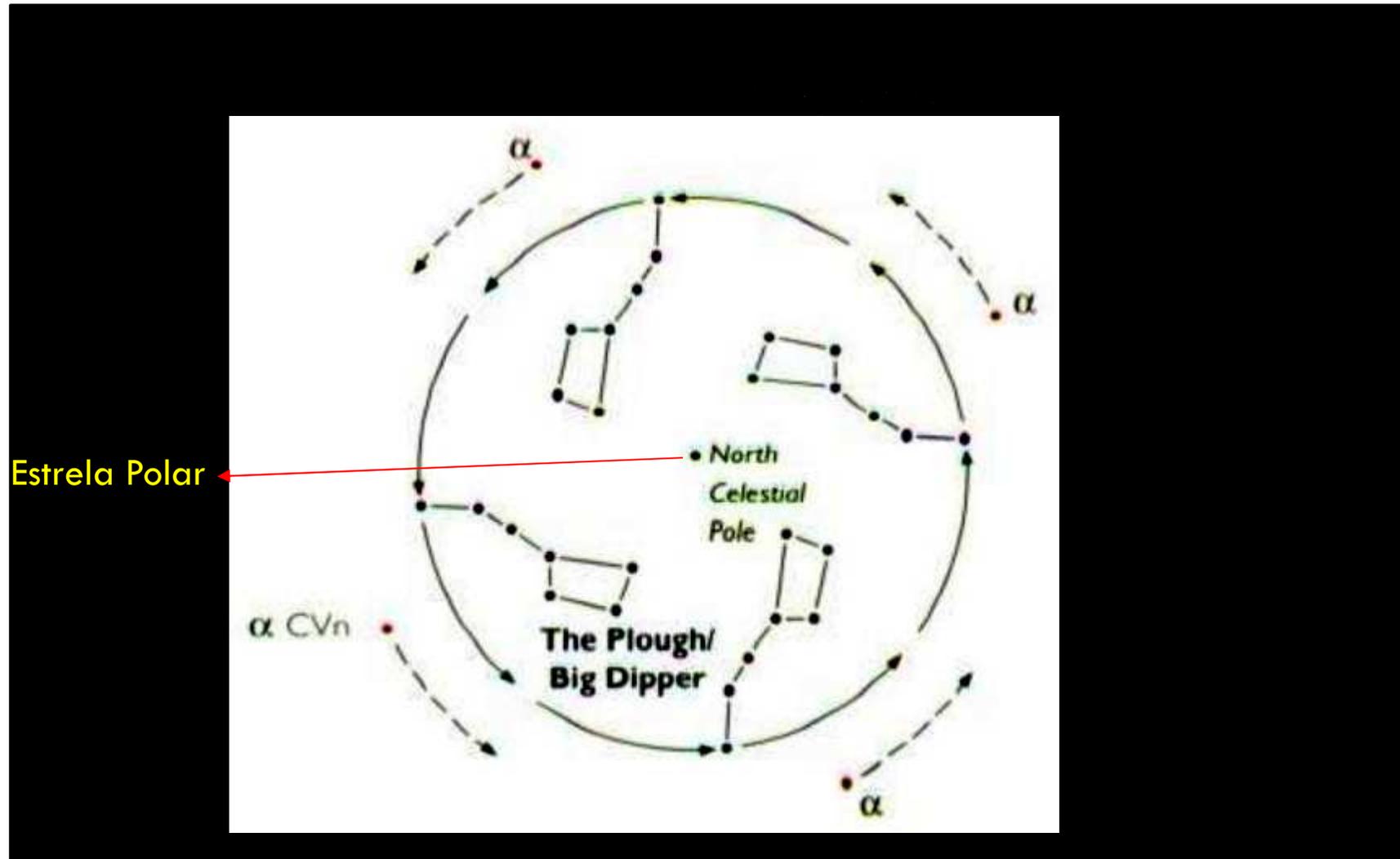
A galáxia 4C 41.17 e o seu espectro



# Os modelos do Universo na Idade Antiga

# Movimento circumpolar

18



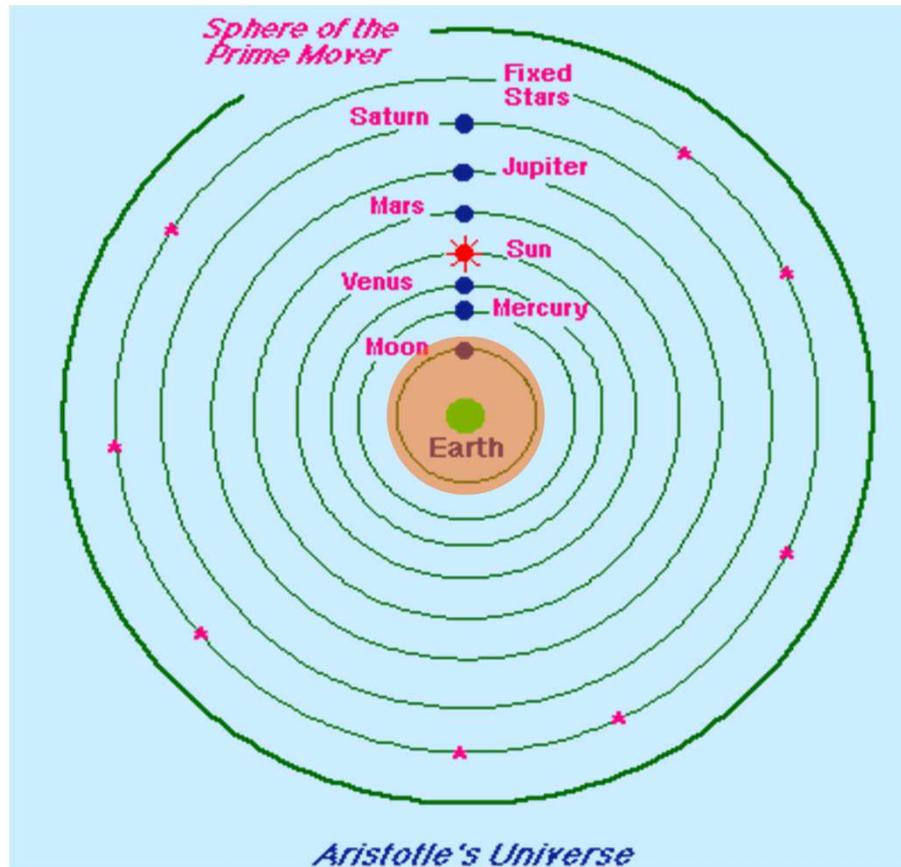
# A Terra parece ser o “eixo” do mundo

19



# ○ geocentrismo

20



Teoria explicativa do Universo que considerava a Terra como centro do Universo, com todos os astros a girarem em torno dela, descrevendo círculos perfeitos.

Divide o Universo em duas regiões:

- a **terrena (imperfeita)**
- a **celeste (perfeita e imutável)**

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), o mais conhecido defensor do geocentrismo.

# A Terra é plana ou é redonda?

21

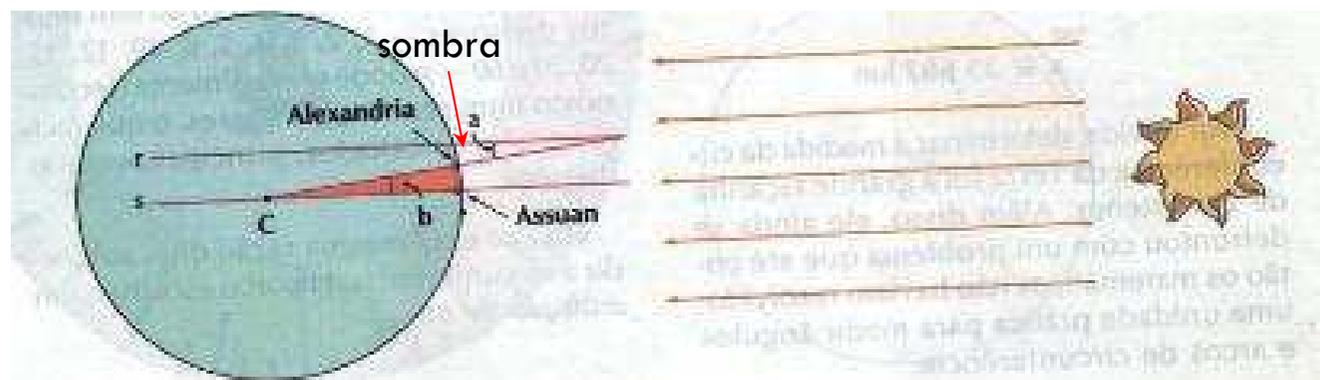
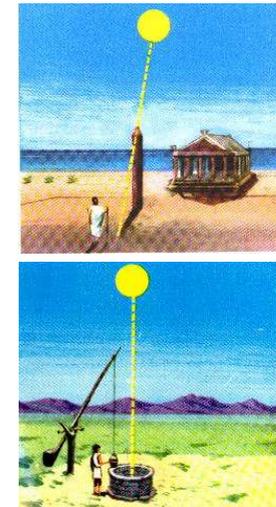


Carl Sagan, Cosmos - As Margens do Oceano Cósmico - Episódio 1

José Figueiredo, FCT-UAlg

# A Terra só pode ser redonda ...

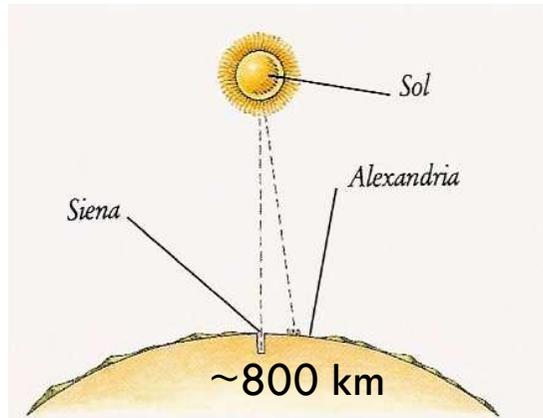
22



# De facto é possível “medir” a Terra

23

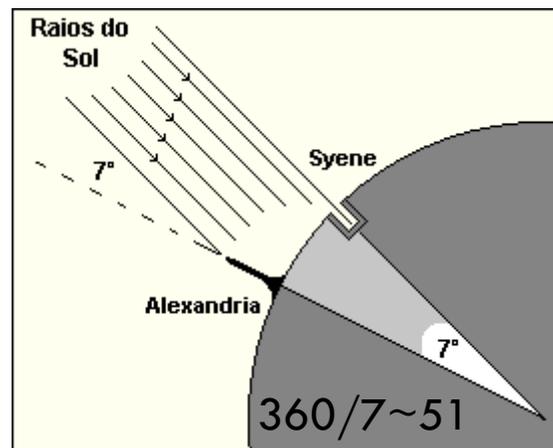
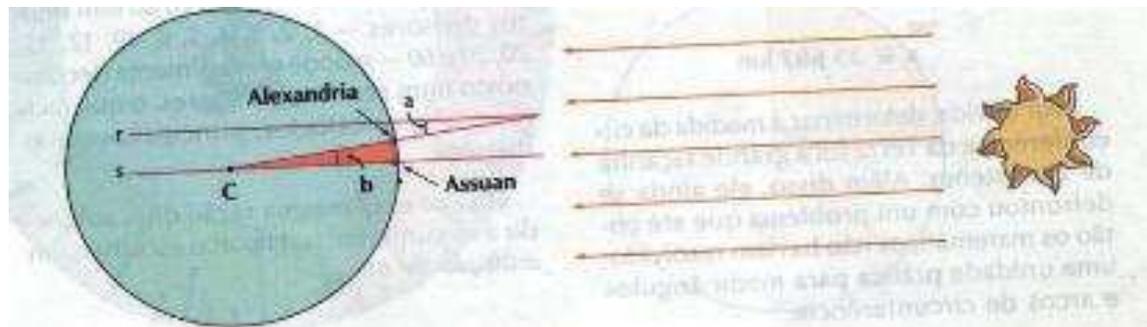
Eratóstenes (276 a. C. – 195 a. C.)



## MEDINDO A TERRA

Cerca de 230 a. C., Eratóstenes (c. 270-190 a. C.) fez uma estimativa do tamanho da Terra, usando para tal os conhecimentos da época sobre o Sol. Como Eratóstenes sabia que a Terra era redonda ( $360^\circ$  de circunferência), a distância entre duas localidades deveria ser de  $7/360$  avos da circunferência da Terra. Ele notou que durante o solstício de Verão, em Sienna, no Alto Egito, ao meio-dia o Sol se encontrava no zênite (os raios do Sol eram verticais), enquanto em Alexandria, a norte, os raios solares faziam com a vertical um ângulo de  $7^\circ$ .

*Escala 1*

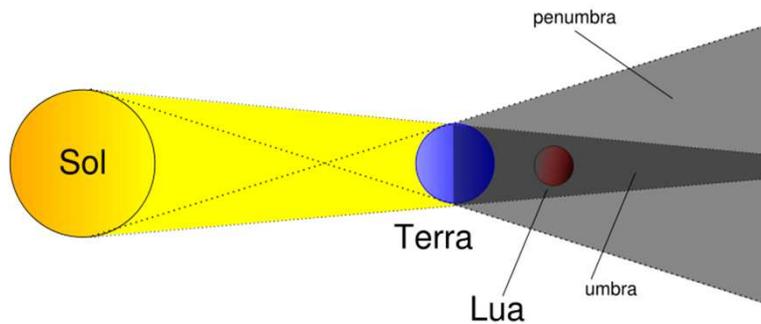


Perímetro da Terra  
 $= 800 \text{ km} \times 51$   
 $= 40\,800 \text{ km.}$

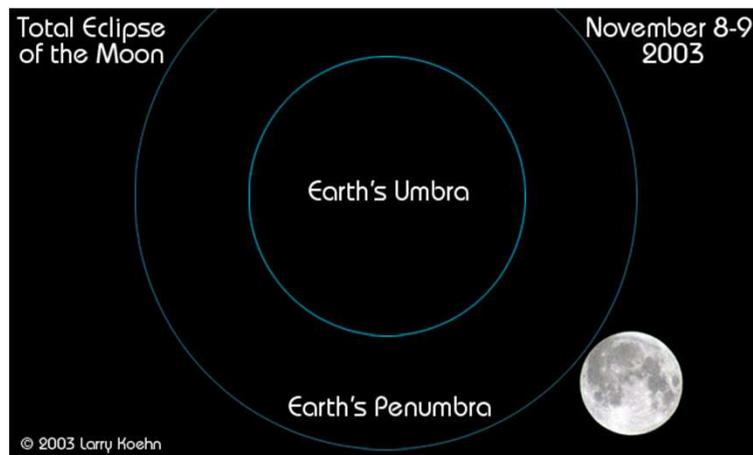
# O tamanho da Lua

24

Aristarco de Samos (cerca de 310 a. C. - 230 a. C.), filósofo jónico, observou um eclipse da Lua e concluiu que o diâmetro da Lua deveria ser metade do da Terra.



Lua durante o eclipse lunar de 28 Agosto 2007, Foto de Steev, Austrália

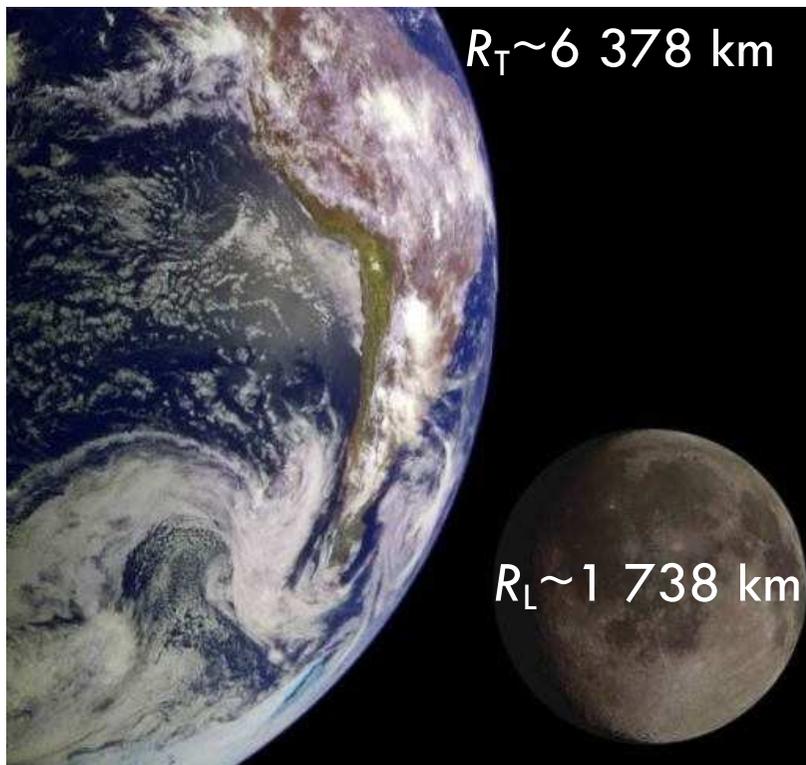


<http://www.explicatorium.com/CFQ7-Eclipse-da-Lua.php>

José Figueiredo, FCT-UAIG

# O tamanho da Terra e da Lua

25



<http://lacajadepandora.zonalibre.org/imagenes-para-ti/>

A distância média da Terra à Lua é  $\sim 384\,000\text{ km}$ .

# O tamanho do Sol

26



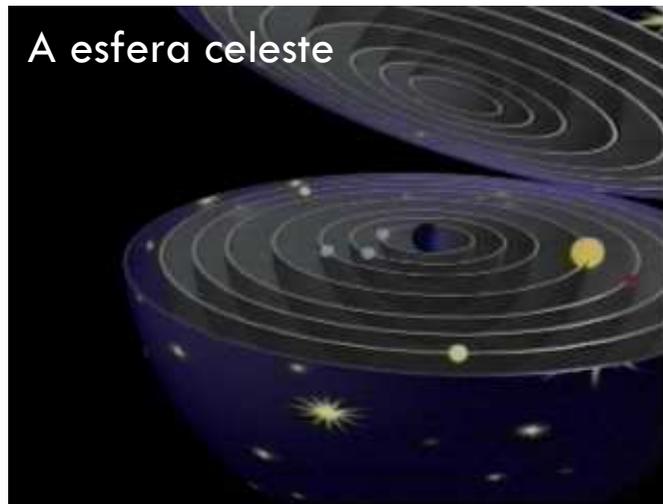
No Sol cabem mais de um milhão de Terras.

<http://solare2010.blogspot.pt/2010/05/sistema-solar.html>

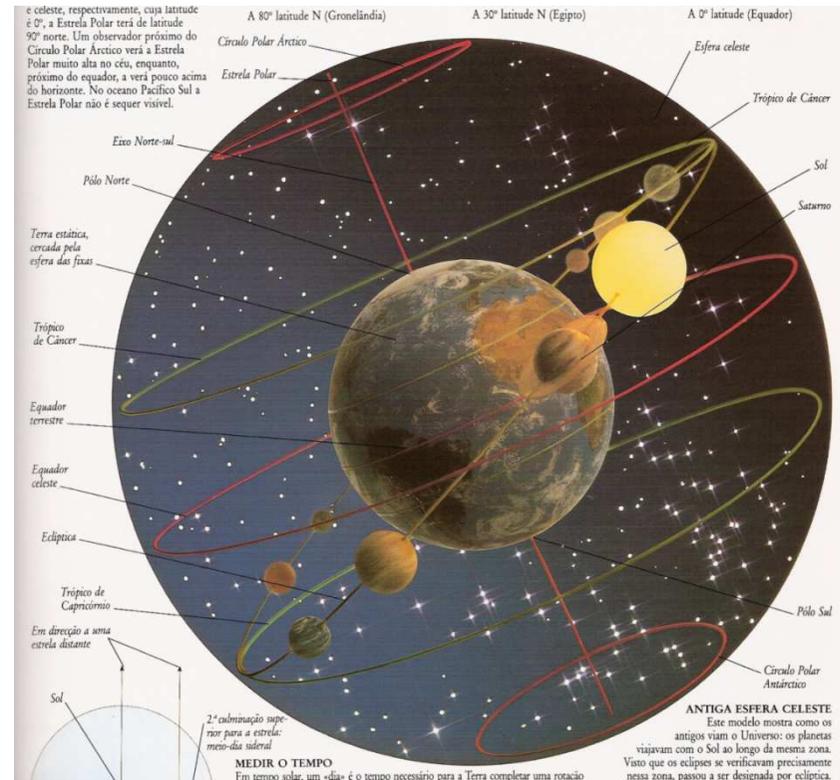
José Figueiredo, FCT-UAlg

# O modelo do Universo na Idade Antiga

27



Por razões matemáticas (sólidos perfeitos) e filosóficas outros modelos do Universo não foram considerados/aceites até finais do séc. XVI da nossa era.



# São os factos que suportam as teorias

28

Embora tivessem sido propostos modelos cosmológicos diferentes do geocentrismo, os argumentos de autoridade prevaleceram durante mais de 2000 mil anos.

Mas quando as teorias/modelos não estão em acordo com a realidade ... os factos obrigam a rever as teorias ou a aperfeiçoar os modelos ...

Felizmente, na ciência moderna não é normal os argumentos de autoridade terem muito valor.

# O movimento retrógrado dos planetas

29

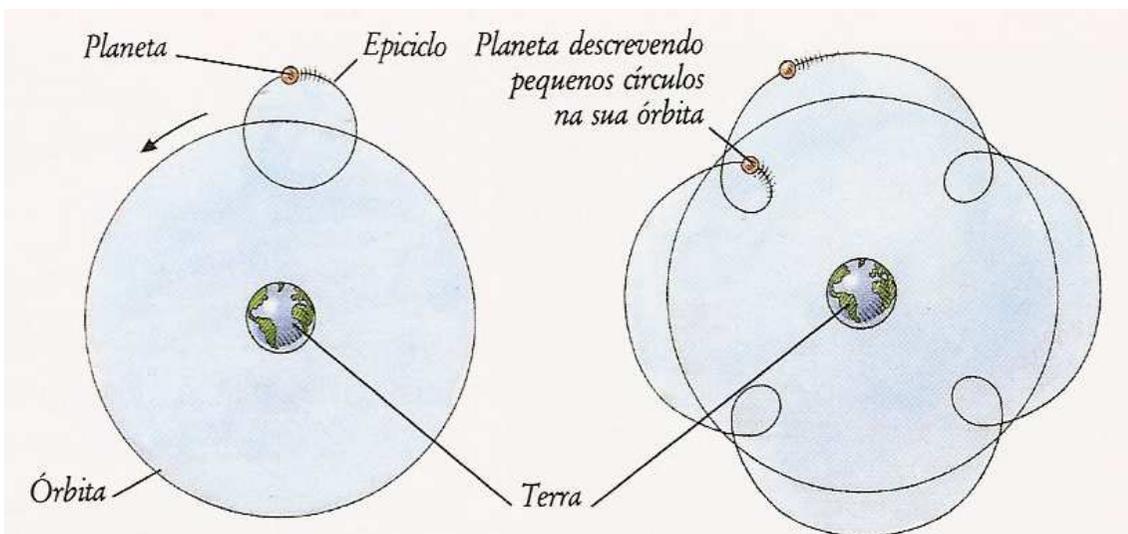


A palavra planeta vem do grego *planétes*, que significa «errante, vagabundo».

# A necessidade dos epiciclos

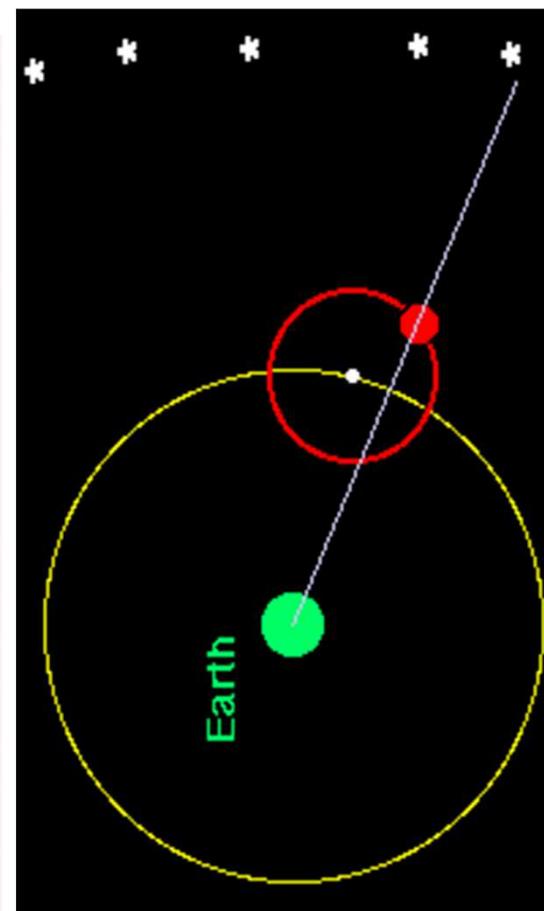
30

Ptolomeu (78-161 d.C.)



## PROBLEMAS COM O UNIVERSO GEOCÊNTRICO

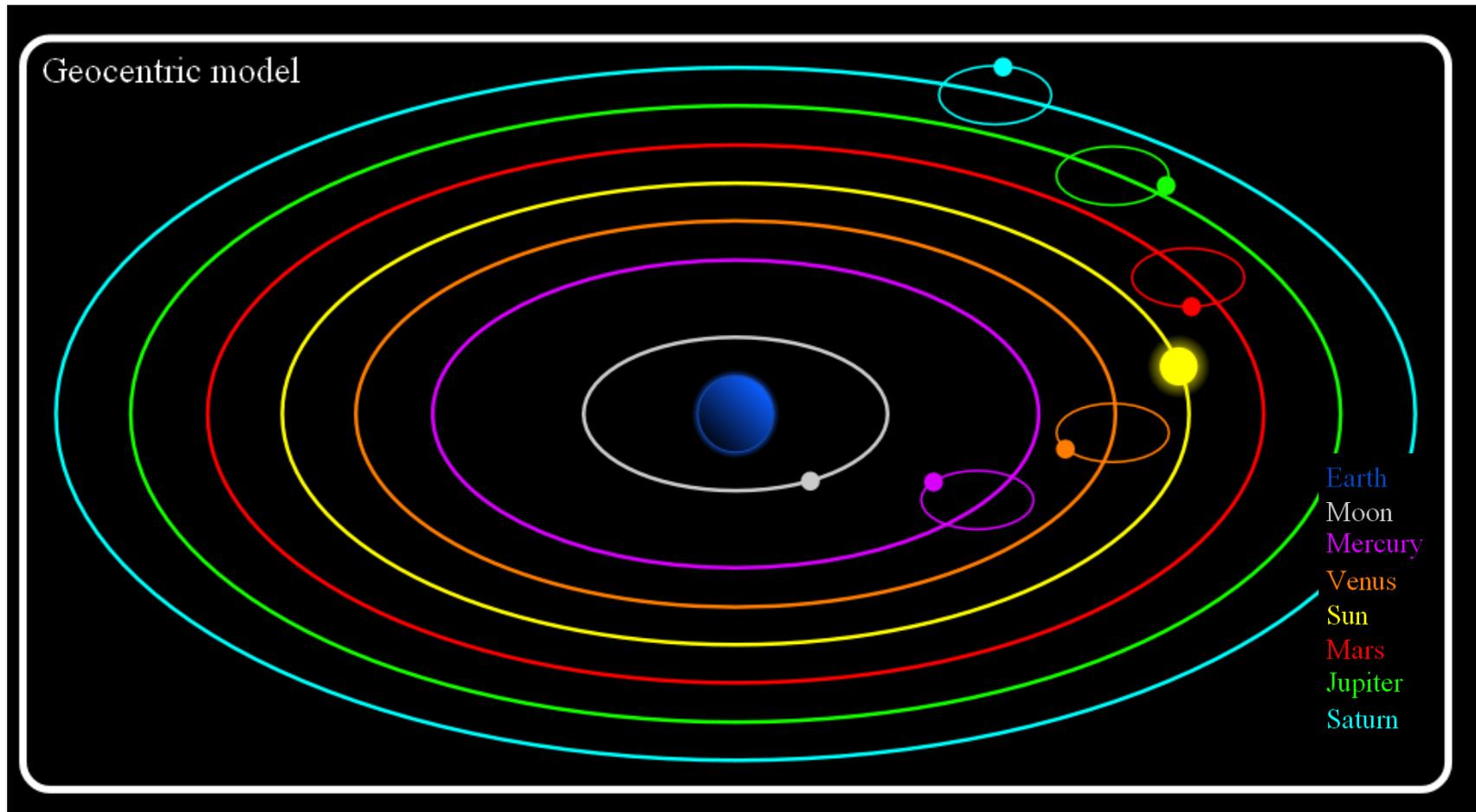
O principal problema com o modelo de Universo centrado na Terra era o facto de não explicar o comportamento aparentemente irracional de alguns dos planetas, que por vezes parecem estar parados e outras se movem para trás contra o fundo das estrelas (pág. 19). As civilizações primitivas consideravam estes estranhos movimentos como manifestações dos deuses. Os filósofos gregos tentaram, durante séculos, encontrar explicações racionais para o que observavam no céu. A teoria mais popular ligava-se à noção de que os planetas se moviam em pequenos círculos (epiciclos) nas suas órbitas quando circundavam a Terra.



# ○ modelo geocêntrico renovado

31

Ptolomeu (78-161 d.C.)



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Heliocentrismo>

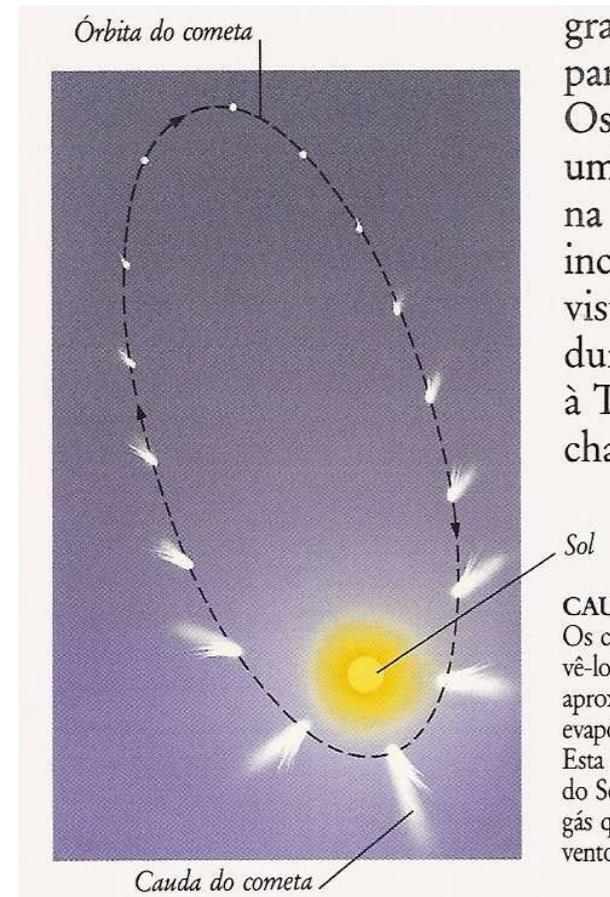
José Figueiredo, FCT-UAIG

Nem sempre os remendos resultam.

# Os cometas

33

## Cometa Hale-Bopp, 1997



A afinal o céu para lá da Lua não é imutável.

# Há estrelas que explodem

34



Supernova é o nome dado aos corpos celestes surgidos após as explosões de estrelas com mais de 10 massas solares (estimativa), que produzem objectos extremamente brilhantes, os quais declinam até se tornarem invisíveis, passadas algumas semanas ou meses.

SN 1987A foi uma supernova que teve lugar nas redondezas da Nebulosa da tarântula (NGC 2070), situada na Grande Nuvem de Magalhães, e ocorreu a aproximadamente 168 000 anos-luz da Terra, o suficiente para a tornar visível a olho nu. Foi a supernova mais próxima observada desde a SN 1604, que apareceu na Via Láctea.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Supernova>

SN 1572 (Tycho Brahe), SN 1604 (Johannes Kepler), supernovas visíveis durante o dia.

**A afinal as estrelas não são eternas.**

# O Sol é muito maior que a Terra - Heliocentrismo

35

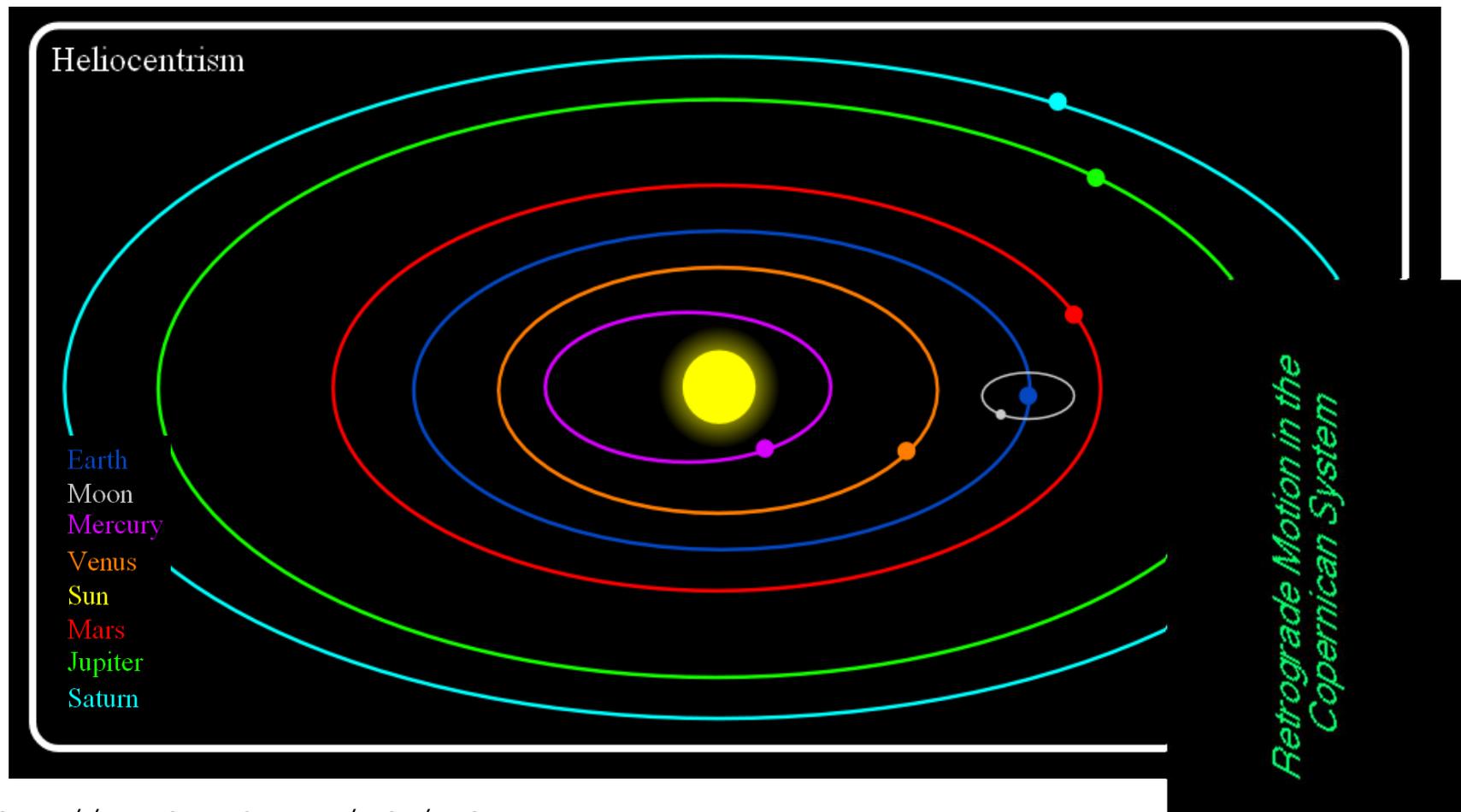
Aristarco também estimou que distância da Terra à Lua deveria ser da ordem de 60 raios da Terra, e que o Sol deveria ser pelo menos 10 vezes maior que a Terra (na verdade é 100X maior em diâmetro), concluindo que não *seria natural* o Sol girar em torno da Terra. **Aristarco** propôs o modelo heliocêntrico, isto é, defendeu que a Terra gira em torno do Sol e não o contrário, cerca de **2000** anos antes de Copérnico.



# O modelo heliocêntrico

36

Nicolau Copérnico (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630)



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Heliocentrismo>

José Figueiredo, FCT-UA1g

# De facto vivemos num mundo redondo que roda

37

As observações e os estudos de Aristarco de Samos, sec. III a.C., levaram-no a concluir que a Terra tem movimento de rotação.

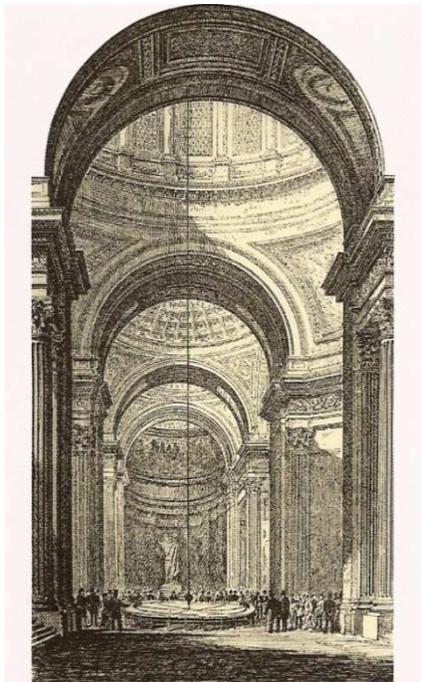


<http://lacajadepandora.zonalibre.org/imagenes-para-ti/>

# O pêndulo de Foucault

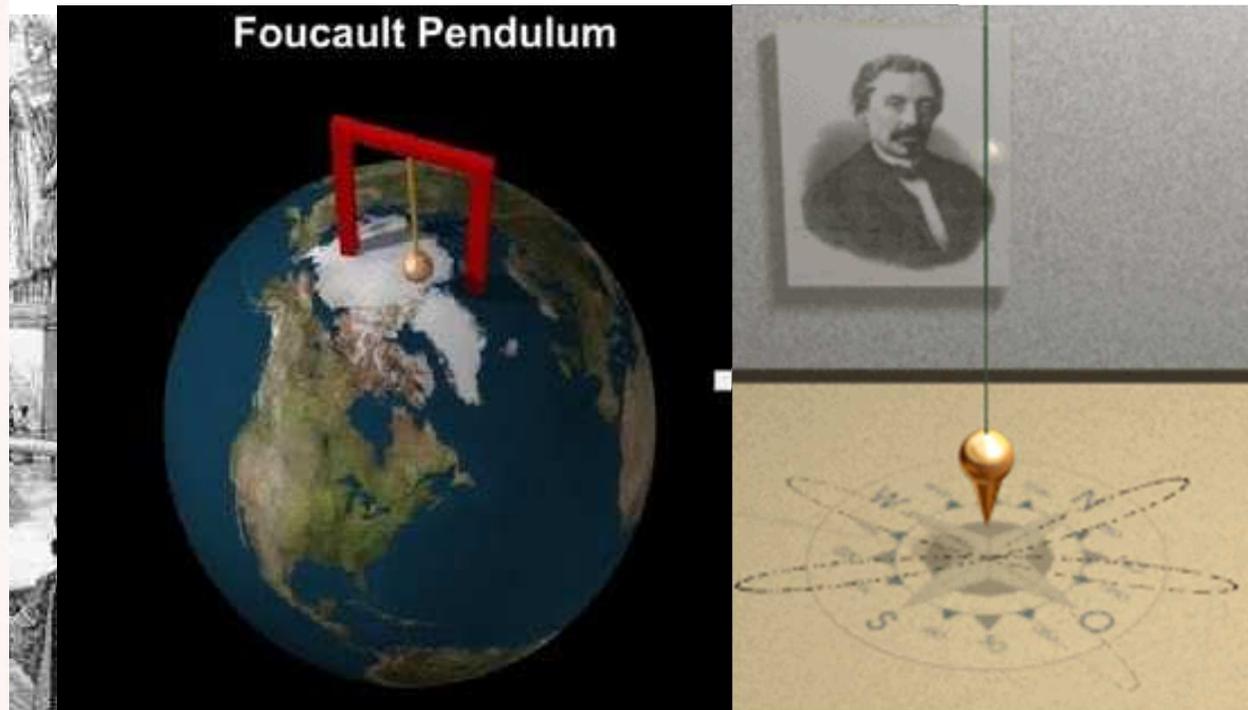
38

A primeira experiência demonstrativa da rotação da Terra foi realizada em 1855: o pêndulo de Foucault.



## A ROTAÇÃO DA TERRA

O nome de Léon Foucault é bastante conhecido pelo facto de ele ter usado um pêndulo para demonstrar a rotação da Terra. Em 1851 suspendeu uma pesada bola de ferro num longo cabo de aço fixado sob a cúpula do Pantheon de Paris. Quando o pêndulo foi largado pela primeira vez oscilou seguindo uma linha traçada no pavimento sob ele, mas, após algumas horas, o pêndulo parecia ter mudado de direcção. Na realidade, o pêndulo de Foucault oscilava ainda na mesma direcção, mas era a Terra que tinha rodado.



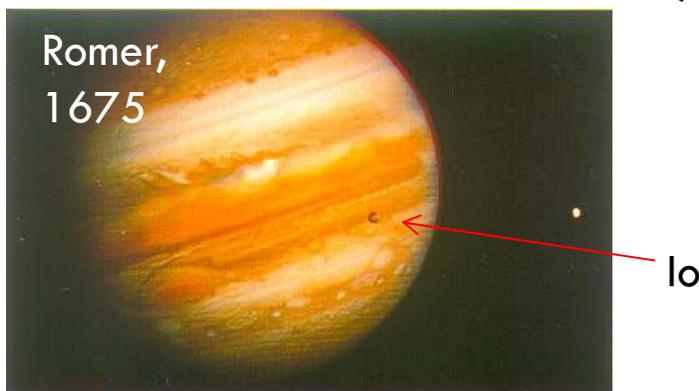
<http://museuvirtualciencias.blogspot.pt/2009/11/sala-de-animacao-pendulo-de-foucault.html>

[http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%AAndulo\\_de\\_Foucault](http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%AAndulo_de_Foucault)

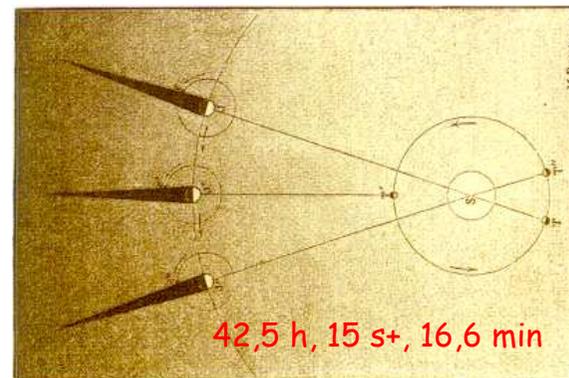
# Os satélites de Júpiter e a velocidade da luz

39

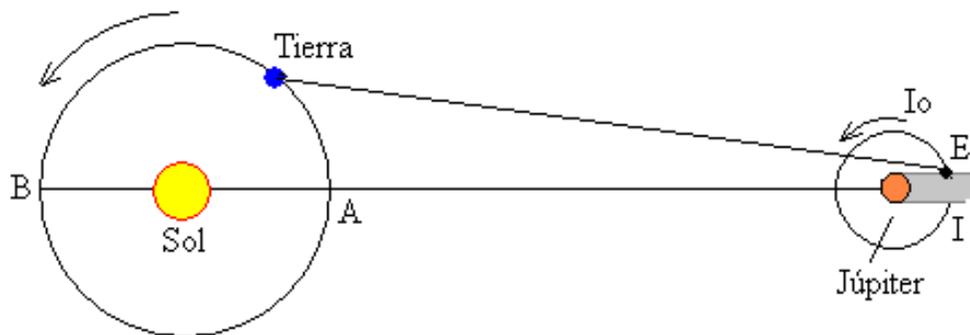
“Conhecido” o modelo do sistema solar, foi possível determinar a velocidade da luz.



Astronomia, Visual Ciência, Editorial Verbo, Lisboa



Romer verificou que o atraso no início dos eclipses do satélite de Júpiter Io ao fim de seis meses correspondia a cerca de 16,6 min e admitiu que o atraso se devia à finitude da velocidade da luz.



$$\Delta t = 997 \text{ s} = 16.6 \text{ min}$$

$$C \sim 230\,000 \text{ km/s}$$

$$1 \text{ ano-luz} = 63\,241,1 \text{ UA} = 9\,460\,730\,472\,580,8 \text{ km} \sim 10^{16} \text{ metros.}$$

# *Os tamanhos dos Mundos*

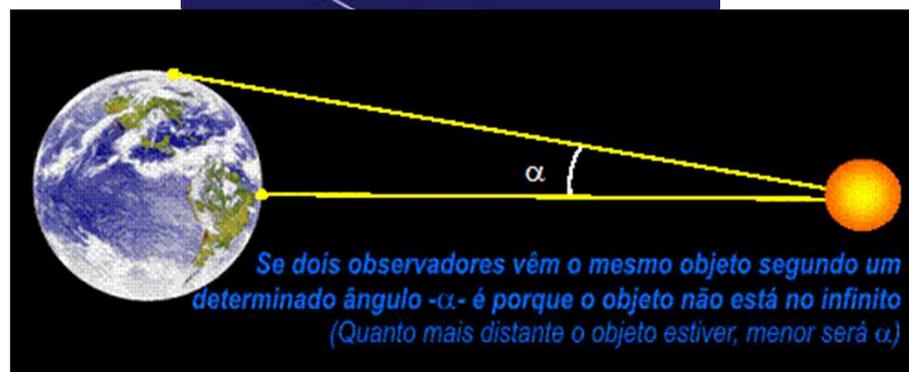
# O tamanho do sistema solar e o trânsito de Vénus

41

o Astrónomo Edmund Halley (1656-1742) compreendeu que a observação do fenómeno em diferentes partes do mundo permitiria, através de triangulação, calcular a distância até Vénus, que tornaria possível depois calcular o tamanho do sistema solar.

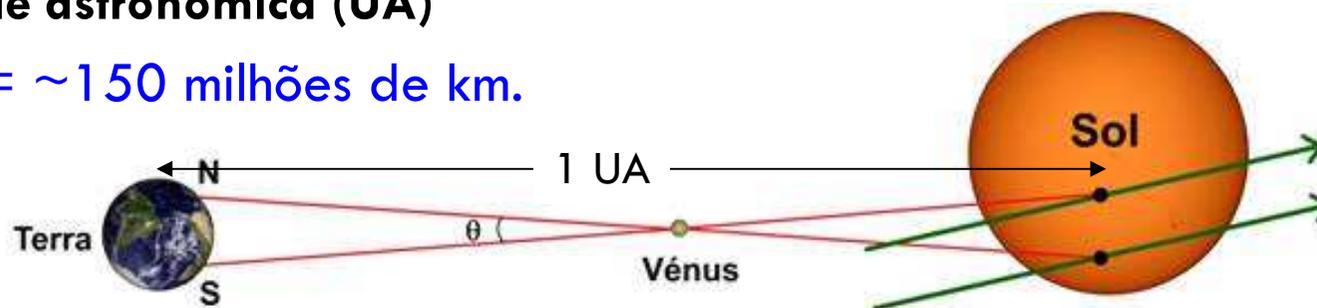


Vénus



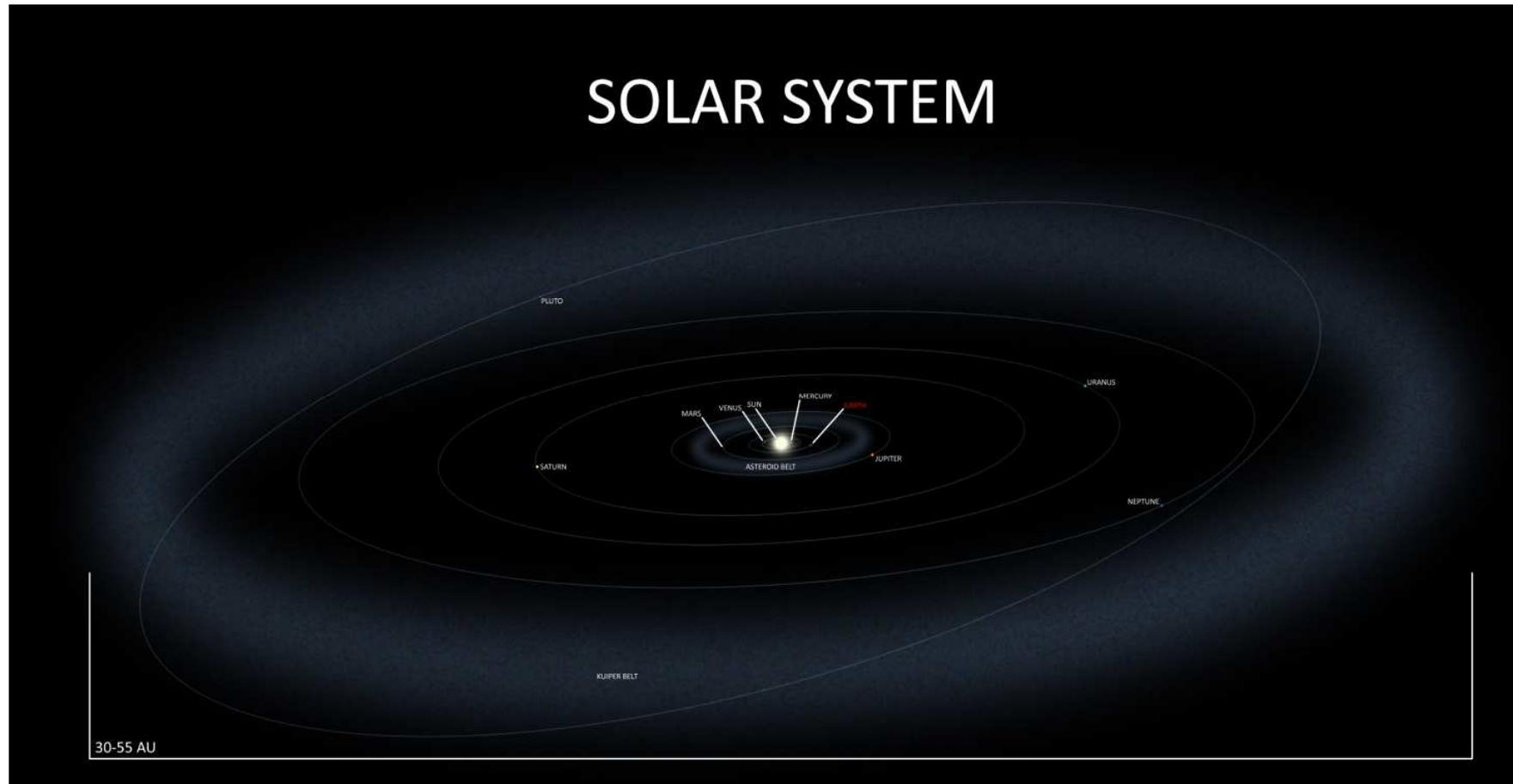
## Unidade astronómica (UA)

1 UA = ~150 milhões de km.



# ○ tamanho do sistema solar

42



**Plutão está 40 vezes mais distante do Sol que a Terra (40 UA).**

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_Solar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar)

<http://profeciasoapiceem2036.blogspot.pt/2012/03/comentarios-palestra-parte-i-de-v.html>

José Figueiredo, FCT-UAlg

# Os tamanhos do *nosso* Universo

SUPERCLUSTER

The Estimated Size of the Universe, 900 Ym



We're probably not in the center of the universe.

(93,000,000,000 light-years,  $10^{26}$  x 9.3 meters)

<http://scaleofuniverse.com/>

○ Universo terá um diâmetro de cerca de 93 mil milhões de anos-luz.

# Apresentação às Estrelas

44

Apresentação às Estrelas, 29-06-2012

Obrigado pela vossa presença  
e  
boas observações



<http://www.ccvalg.pt/>

29-06-2012