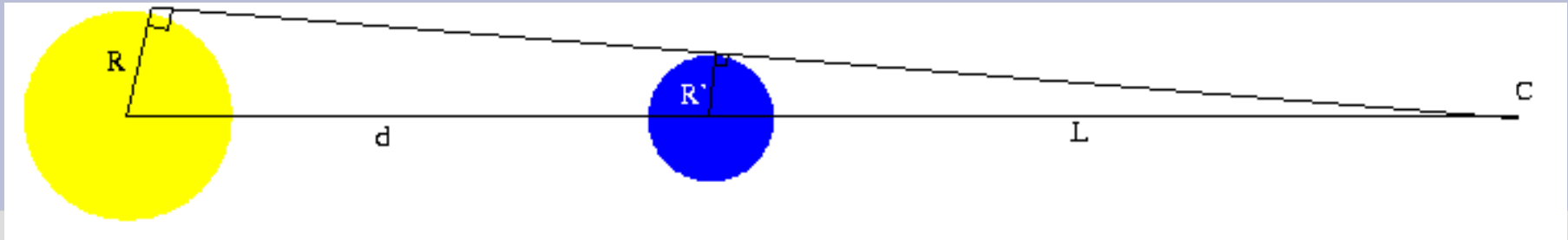


**Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Física  
Departamento de Astronomia**

**Fundamentos de Astronomia e Astrofísica: FIS02010**

**Prof. Tibério B. Vale**

# Como se calcula o comprimento da sombra?



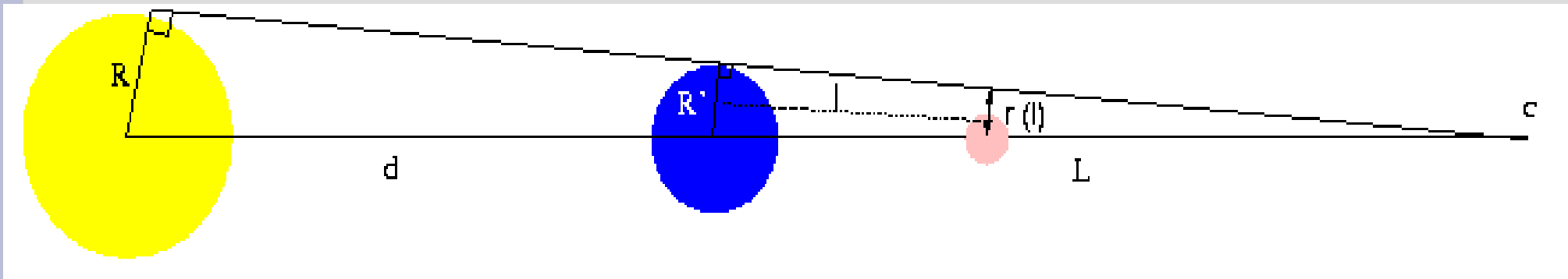
$L$  = comprimento da sombra

$d$  = distância da fonte à esfera opaca

$R'$  = raio da esfera opaca

$R$  = raio da fonte

# Como se calcula o raio da sombra da Terra à distância da Lua?



Aqui:

$R'$  = raio da Terra;

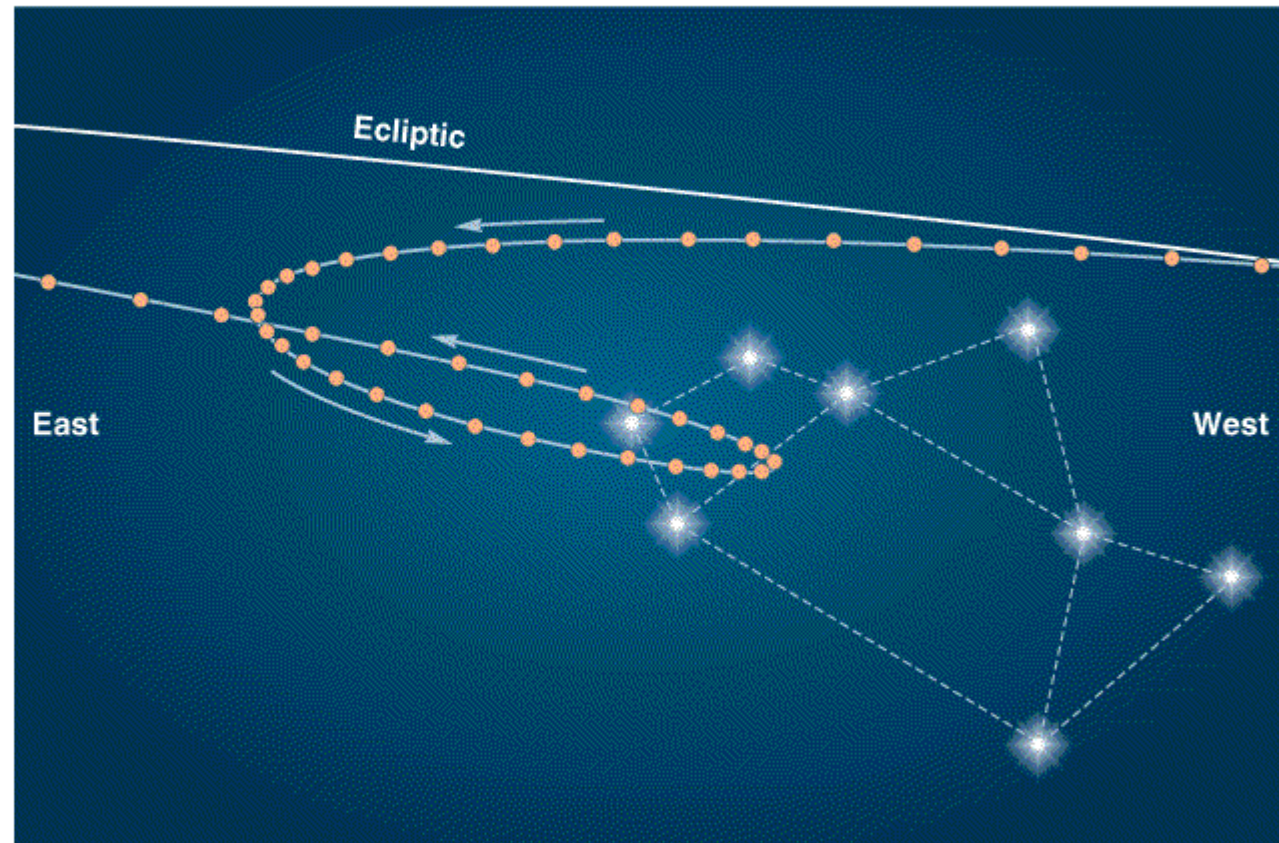
$r(l)$  = raio da sombra a uma distância  $l$  da Terra.

# Movimento dos Planetas

- Distância aos planetas  $\ll$  distância às estrelas |
- Planetas parecem se mover, ao longo do ano, entre as estrelas de fundo.
- Movimento geralmente de oeste para leste (não confundir com o movimento diurno, que é sempre de leste para oeste!), mas em certas épocas o movimento muda, passando a ser de leste para oeste.
- O movimento retrógrado pode durar vários meses.
- É uma combinação do movimento em torno do Sol da Terra + planeta.
- Simples de explicar se sabemos que é a Terra se move!

# Movimento dos Planetas

## Retrograde Motion on the Celestial Sphere



© 1997 Wadsworth Publishing Company/ITP

**Caption:** The motion of Mars along the ecliptic near the teapot shape of Sagittarius is shown at 4-day intervals. Though the planet moves eastward, it sometimes appears to slow to a stop and move westward in retrograde motion.

# Movimento dos Planetas



# Movimento dos Planetas

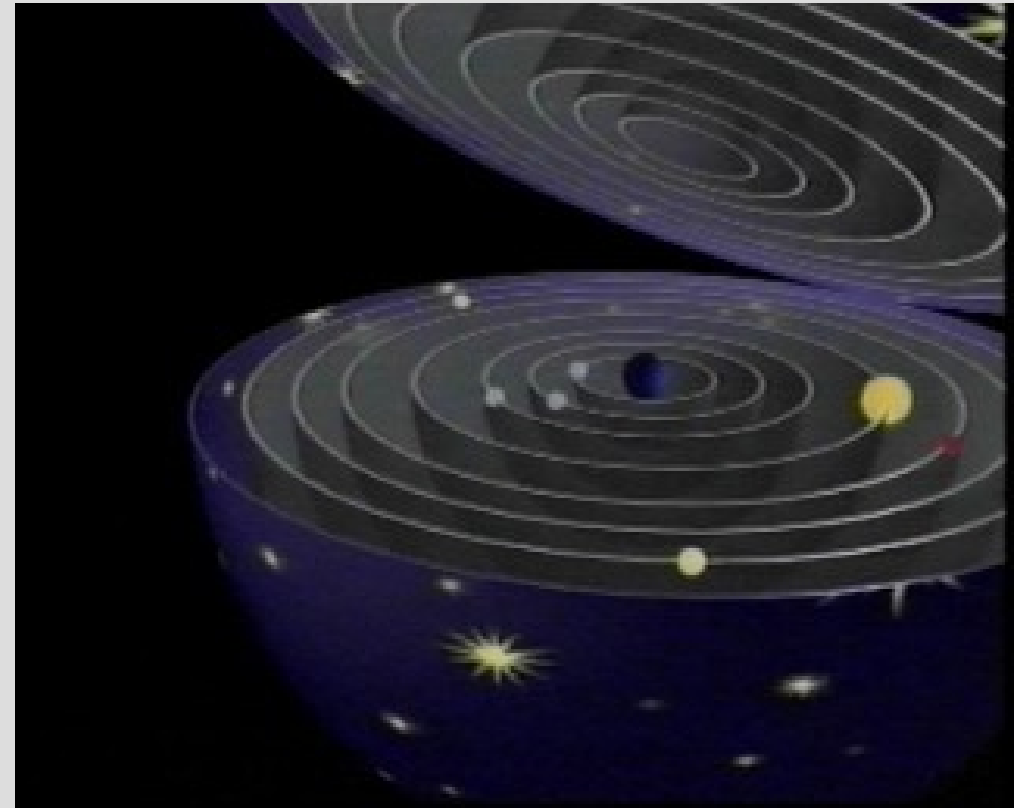
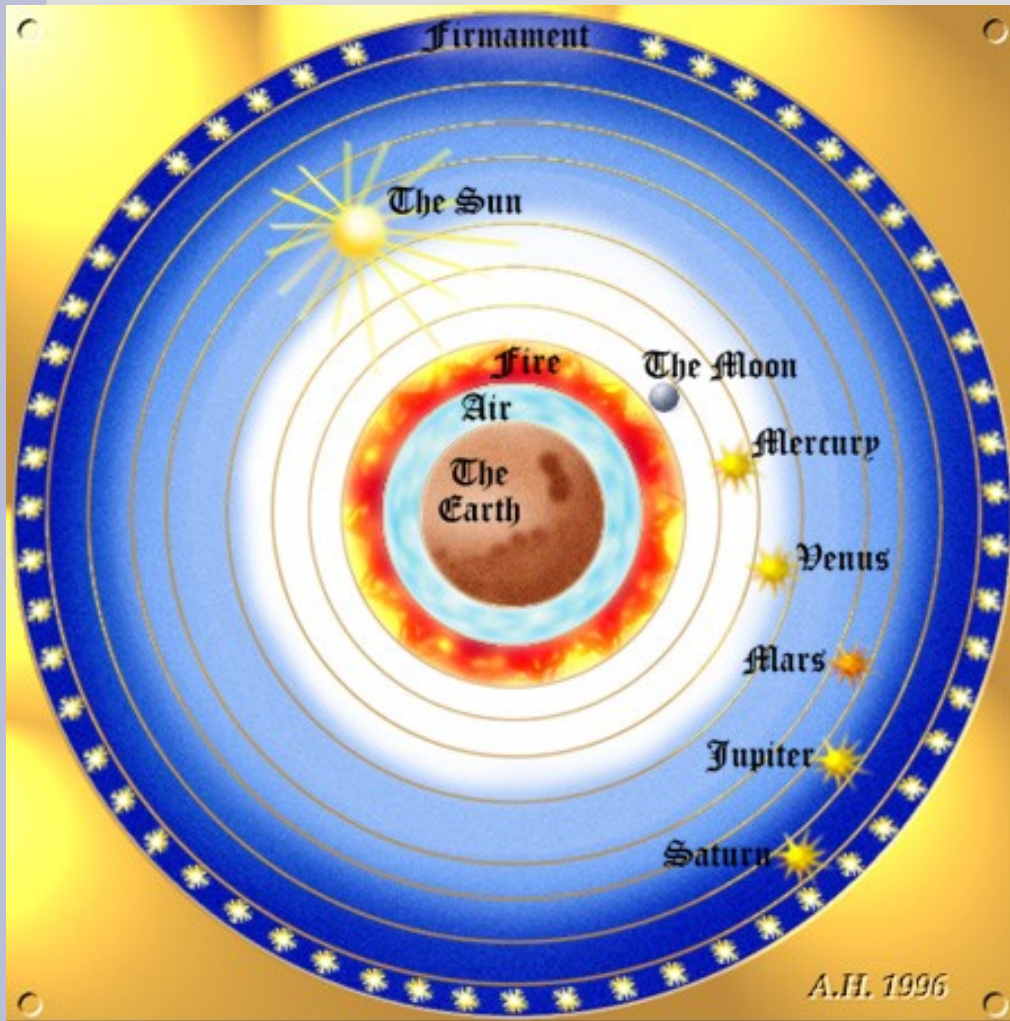
**Universo aristotélico** - Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.)

## Características:

- A Terra está imóvel no centro do Universo.
- Estrelas e planetas ocupam esferas cristalinas perfeitas que giram em torno da Terra
- O universo é perfeito e imutável

# Movimento dos Planetas

**Universo aristotélico** - Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.)





# Movimento dos Planetas

**Universo aristotélico (geocêntrico)** - Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.)

## Problemas

- movimento retrógrado dos planetas
- brilho variável dos planetas

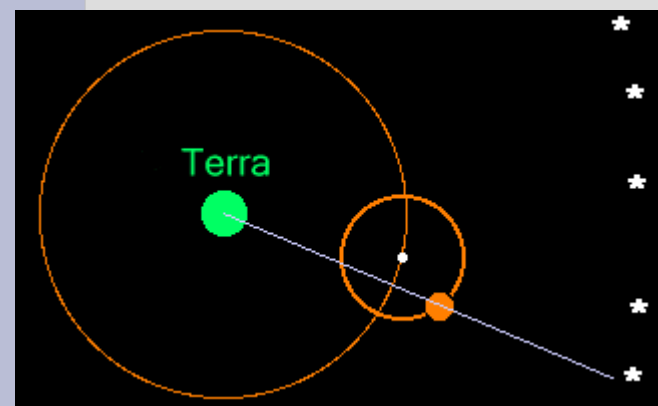
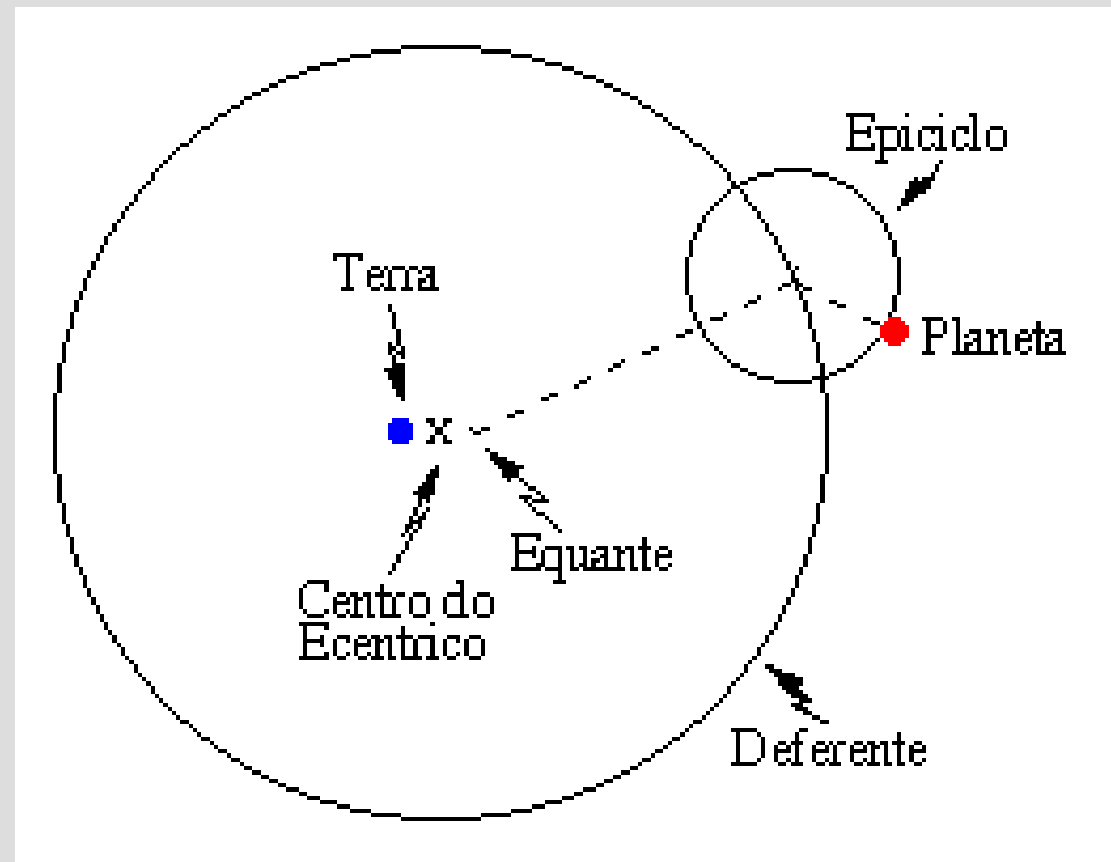




# Movimento dos Planetas

**Modelo ptolomaico (geocêntrico)** Claudio Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) Grécia

- Combinação de deferentes + epiciclos + equantes "resolve" o problema.



# Movimento dos Planetas

## O modelo heliocêntrico - Nicolau Copérnico (1473-1543)

### Sol no Centro

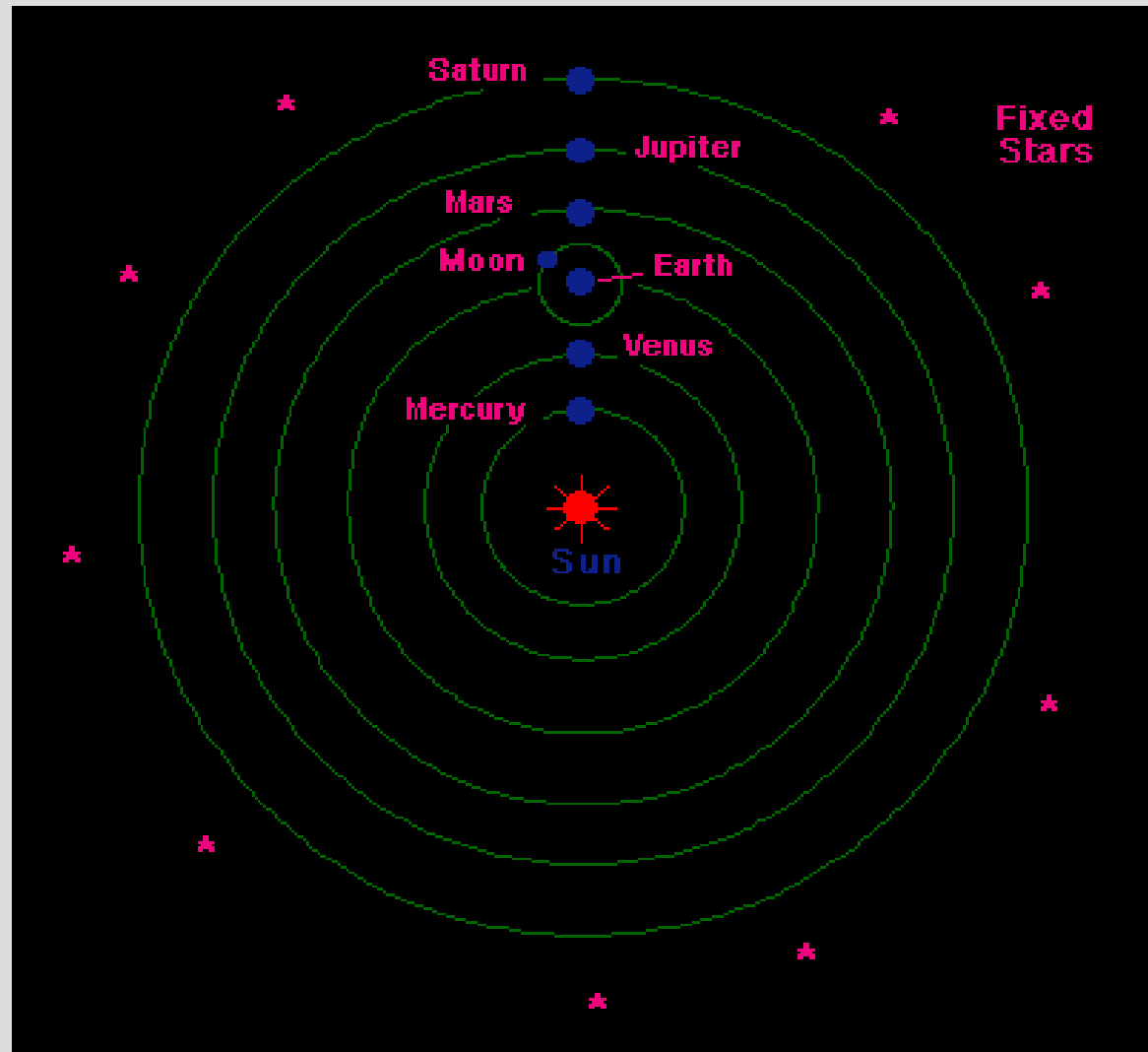
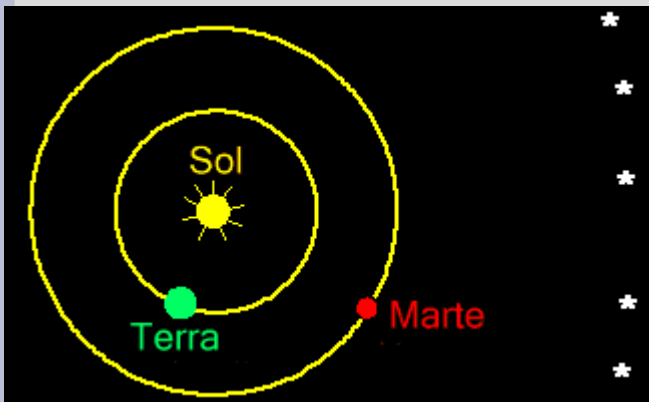


- Introduziu o conceito de que a Terra é apenas um dos seis planetas;
- Colocou os planetas em ordem de distância ao Sol:  
Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno (Urano, Netuno e *Plutão*)
- Determinou as distâncias dos planetas ao Sol (em termos da Dist. Terra-Sol).
- Deduziu que quanto mais perto do Sol maior é a velocidade orbital do planeta.
- Explicou o movimento retrógrado dos planetas sem o uso de epiciclos.

# Movimento dos Planetas

## O modelo heliocêntrico - Nicolau Copérnico (1473-1543)

Sol no Centro



# Movimento dos Planetas

**O modelo heliocêntrico** - Nicolau Copérnico (1473-1543)

- **Manteve as órbitas dos planetas como sendo circulares,**
- **Embora o movimento dos planetas ficasse simples de entender no seu sistema, as posições previstas para os planetas não eram em nada melhores do que as posições previstas no sistema de Ptolomeu.**

# Classificação dos Planetas

- **Planetas Superiores:** Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e *Plutão*;

1) Órbita Maior que a da Terra.

2) Podem estar a qualquer distância angular do Sol;

3) Podem ser observados no meio da noite;

- **Planetas Inferiores:** Mercúrio e Vênus

1) Órbita Menor que a da Terra.

2) Sempre próximos ao Sol (Máximo afastamento angular  $28^\circ$  p/ Mercúrio e  $48^\circ$  p/ Vênus);

3) Somente visíveis ao anoitecer ou ao amanhecer;

# Configurações Planetárias

- **Planetas Superiores:** Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e *Plutão*;

a) **Conjunção:** O planeta está na mesma direção do Sol ( $e=0$ ) e mais longe da Terra do que o Sol;

b) **Oposição:** O planeta está na direção oposta ao Sol ( $e=180^\circ$ ). Está no céu durante toda a Noite.

c) **Quadratura ( $e=90^\circ$ ):** O planeta está 6h a leste do Sol (Quad. Oriental) ou a Oeste (Quad. Ocidental);

- **Planetas Inferiores:** Mercúrio e Vênus

a) **Conjunção inferior:** O planeta está na mesma direção do Sol ( $e=0$ ) e mais próximo da Terra do que o Sol;

b) **Conjunção Superior:** O planeta está na mesma direção do Sol ( $e=0$ ) e mais longe da Terra do que o Sol;

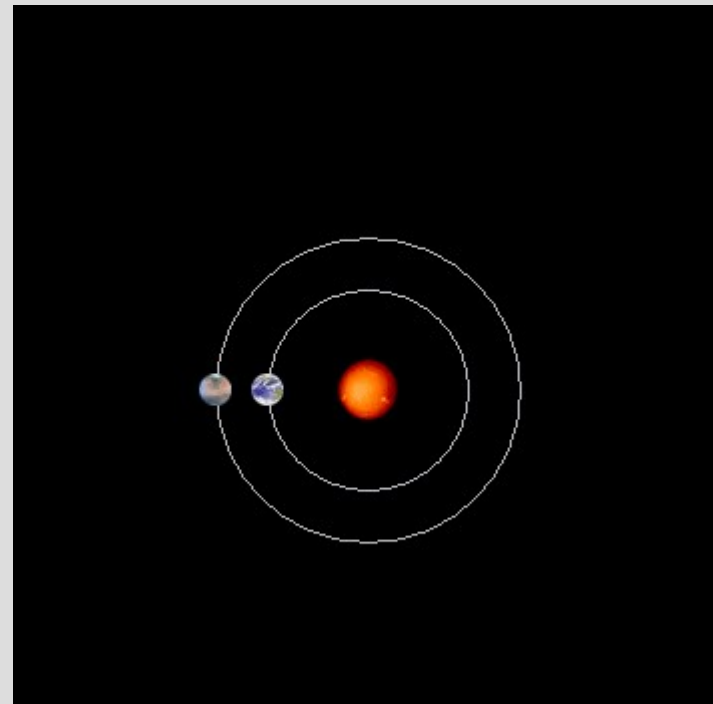
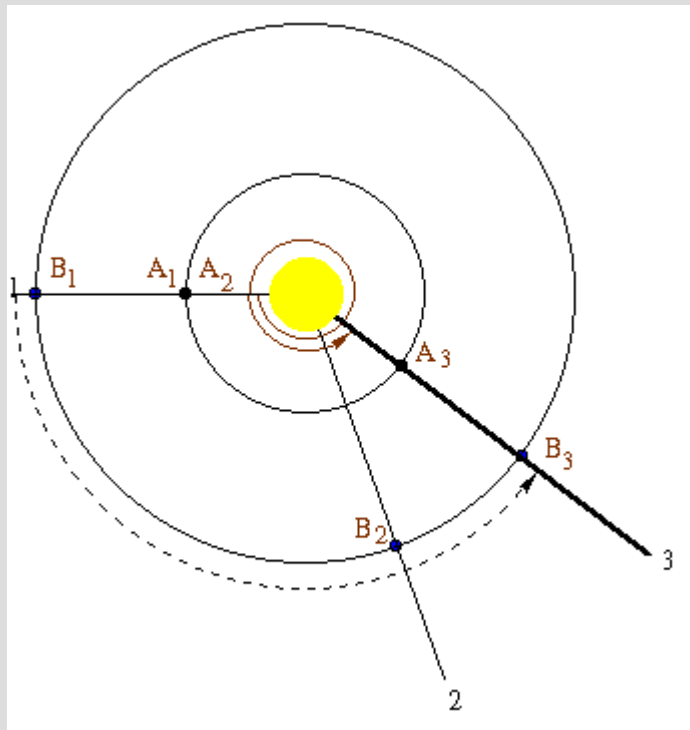
c) **Máxima elongação:** A distância angular entre o planeta e o Sol é máxima (28 Merc. e 48 p/ Vênus)

**Elongação ( $e$ ) = distância angular do planeta ao Sol, vista da Terra.**

# Configurações Planetárias

**Período sinódico (S):** é o intervalo de tempo decorrido entre duas configurações iguais consecutivas. É o período de revolução aparente do planeta, em relação à Terra.

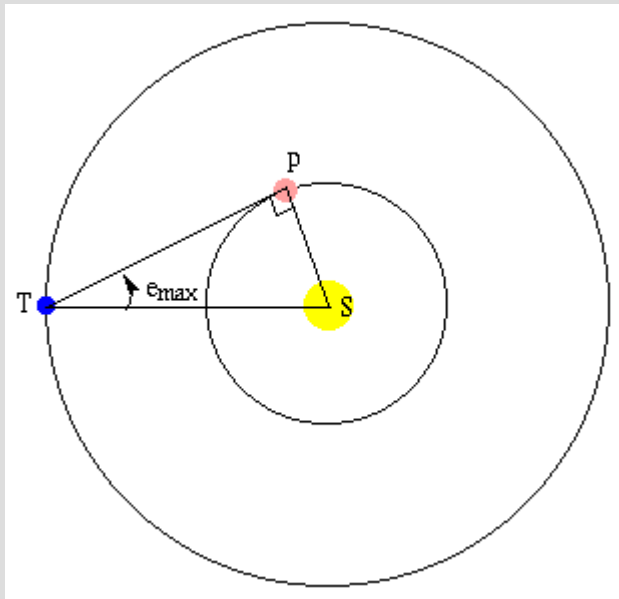
**Período sideral (P):** é o período real de translação do planeta em torno do Sol, em relação a uma estrela fixa.



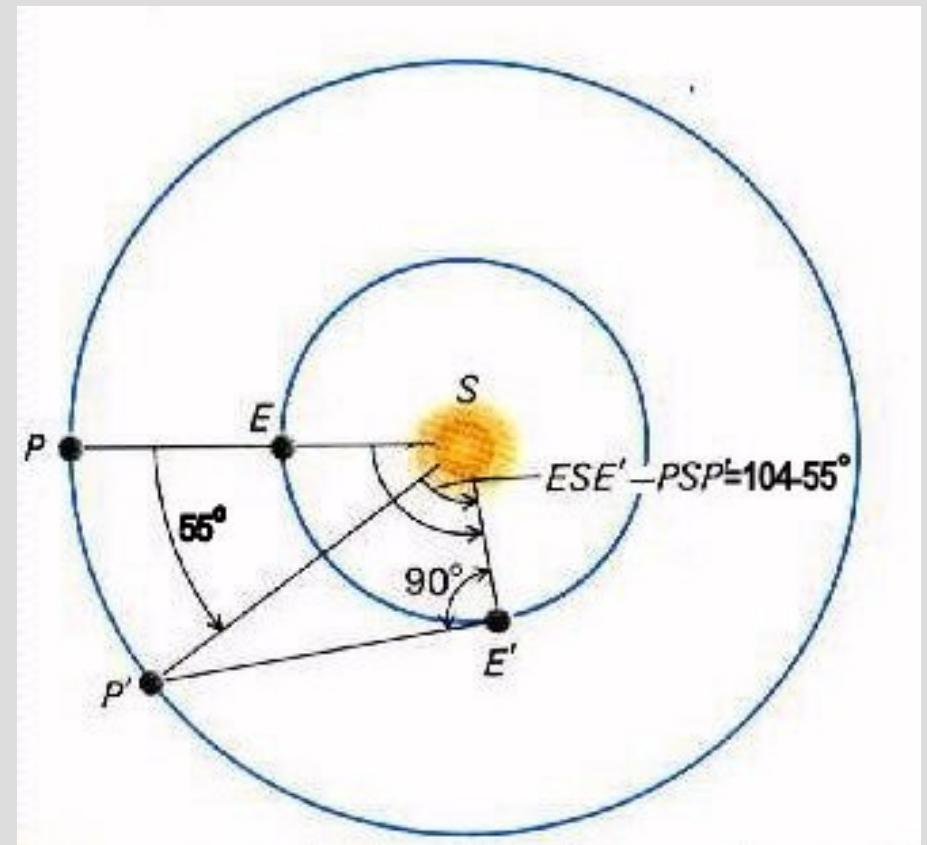


# Distâncias dentro do Sistema Solar

## Planetas Inferiores



## Planetas Superiores



# Distâncias dentro do Sistema Solar

## Copérnico

| Planeta  | Copérnico | Moderno |
|----------|-----------|---------|
| Mercúrio | 0,38      | 0,387   |
| Vênus    | 0,72      | 0,723   |
| Terra    | 1         | 1       |
| Marte    | 1,52      | 1,523   |
| Júpiter  | 5,22      | 5,202   |
| Saturno  | 9,17      | 9,554   |

# Distâncias dentro do Sistema Solar

| Planeta  | Mean sidereal period | Mean synodic period (days) | Sidereal orbital velocity (km/s) | Sidereal mean daily motion (degrees) | Period of axial rotation | Inclination of equator to orbit (degrees) |
|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|
| Mercurio | 87.969 d             | 115.88                     | 47.87                            | 4,092                                | 58.646 d                 | 0.01                                      |
| Venus    | 224.701 d            | 583.92                     | 35.02                            | 1,602                                | 243.019 d (R)            | 177.36                                    |
| Terra    | 365.256 d            | —                          | 29.79                            | 0,986                                | 23.934 h                 | 23.44                                     |
| Marte    | 686.980 d            | 779.94                     | 24.13                            | 0,524                                | 24.623 h                 | 25.19                                     |
| Jupiter  | 11.863 y             | 398.88                     | 13.07                            | 0,083                                | 9.842 h                  | 01/03/13                                  |
| Saturno  | 29.447 y             | 378.09                     | 9.67                             | 0,033                                | 10.233 h                 | 26.73                                     |
| Urano    | 84.017 y             | 369.66                     | 6.84                             | 0,012                                | 17.240 h (R)             | 97.77                                     |
| Netuno   | 164.79 y             | 367.49                     | 5.48                             | 0,006                                | 16.110 h                 | 28.33                                     |
| Pluto    | 247.92 y             | 366.72                     | 4.75                             | 0,004                                | 6.387 d (R)              | 122.54                                    |

R = retrogrado. O período de rotação de Jupiter está dado sobre seu equador. Os períodos de rotação de Urano e Netuno são os períodos de rotação de seus campos magnéticos.

## Relação empírica para a distância média dos planetas em torno do Sol

$$a = \frac{2^n \times 3 + 4}{10}$$

### Titius-Bode (1770)

| Planeta                | $n$       | <i>Lei de Titius-Bode</i> | Semi-Eixo Maior |
|------------------------|-----------|---------------------------|-----------------|
| Mercúrio               | $-\infty$ | 0,40                      | 0,39            |
| Vênus                  | 0         | 0,70                      | 0,72            |
| Terra                  | 1         | 1,00                      | 1,00            |
| Marte                  | 2         | 1,60                      | 1,52            |
| Cinturão de Asteróides | 3         | 2,80                      | 2,8             |
| Júpiter                | 4         | 5,20                      | 5,20            |
| Saturno                | 5         | 10,0                      | 9,54            |
| Urano                  | 6         | 19,6                      | 19,2            |
| Netuno                 | -         | -                         | 30,1            |
| Plutão                 | 7         | 38,8                      | 39,4            |