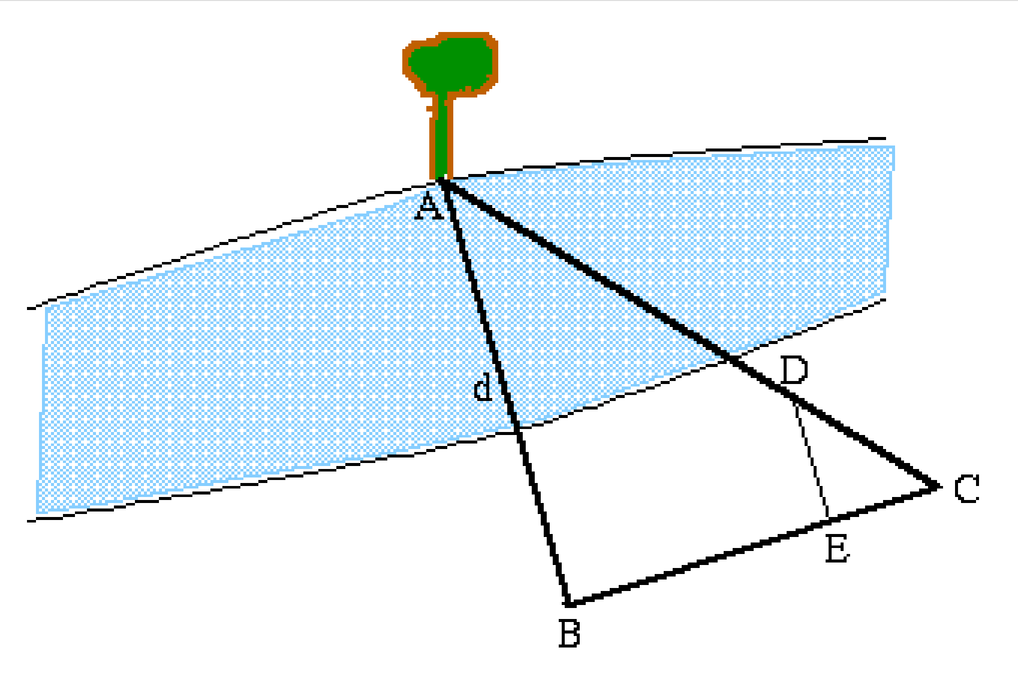
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Astronomia

Distâncias em Astronomia

Prof. Tibério B. Vale

Medindo distâncias em Astronomia

- Paralelismo de triângulos:

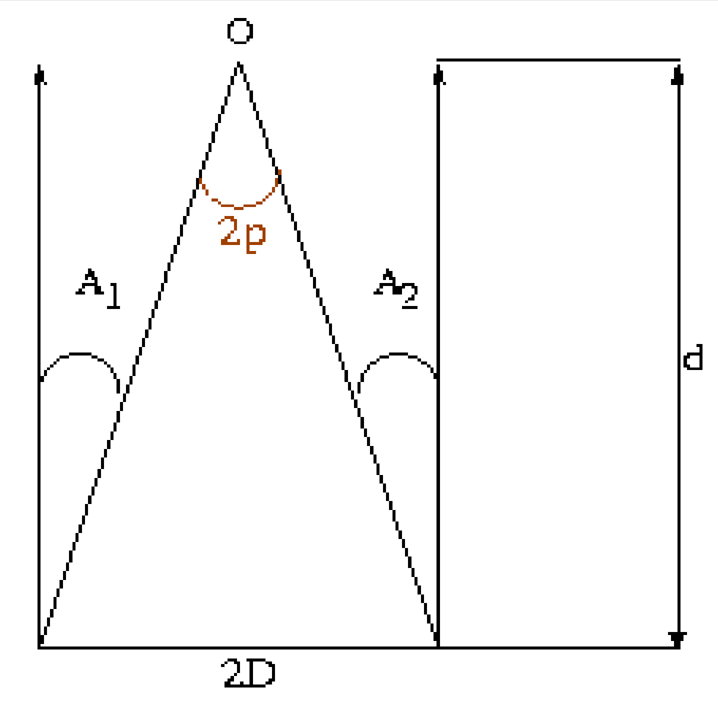


$$\frac{AB}{BC} = \frac{DE}{EC}$$

- Desvio da árvore (quando vista de B e C) é chamado de paralaxe

Medindo distâncias em Astronomia

- Olho humano: baseia-se na paralaxe para medir distâncias (visão estereoscópica)



$$p = \frac{A_1 + A_2}{2} \qquad \tan p = \frac{D}{d}$$

$$d = \frac{D}{p(\mathrm{rad})}$$

Medindo distâncias em Astronomia

B sen θ = d

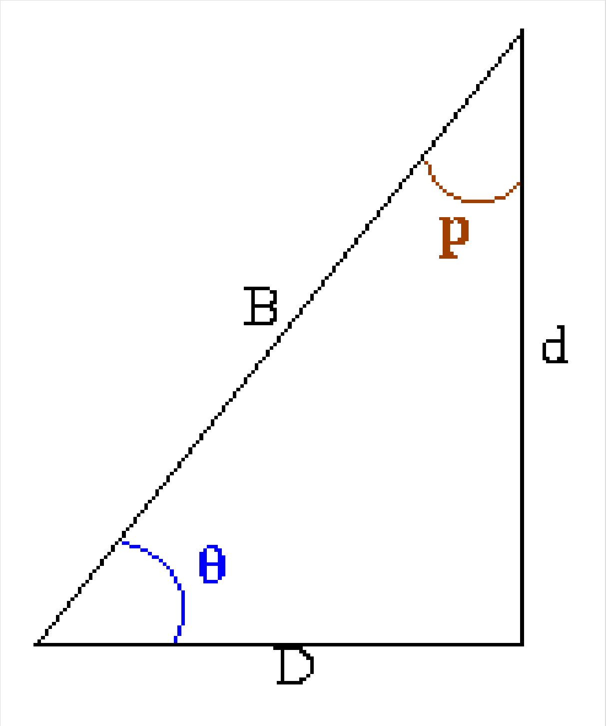
B cos θ = D

----

tan θ = d / D

tan p = D / d

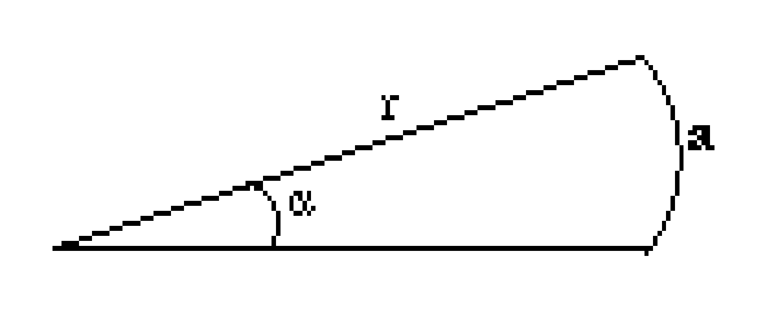
$$\tan p = \frac{D}{d} \longrightarrow d = \frac{D}{\tan p} \simeq \frac{D}{p(\mathrm{rad})}$$



Medindo distâncias em Astronomia

- Transformação de graus em radianos

$$\boxed{\alpha(\text{radianos}) = \frac{a}{r}}$$



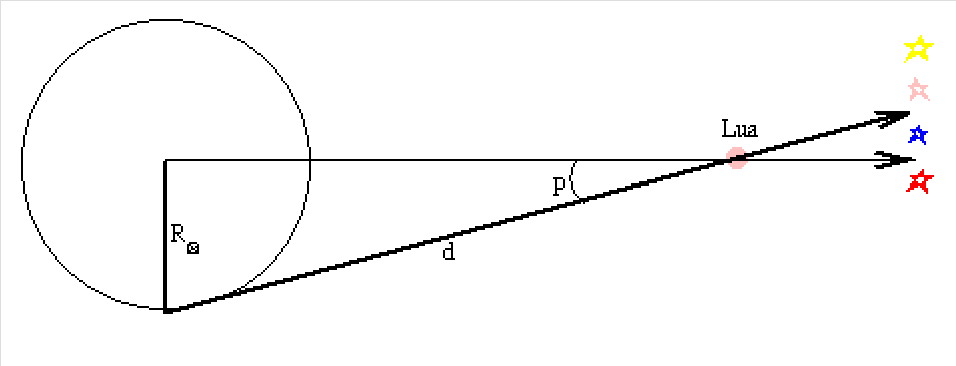
$$1\,\text{rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,29^\circ$$

$$\boxed{\alpha(\text{radianos}) = \alpha(\text{graus})\frac{\pi}{180^o}} \longrightarrow \boxed{\alpha(\text{graus}) = \alpha(\text{radianos})\frac{180^o}{\pi}}$$

Medindo distâncias em Astronomia

- Paralaxe Geocêntrica (anterior à invenção do radar)

$$p(rad) = \frac{R_{Terra}}{d} \longrightarrow d = \frac{R_{Terra}}{p(rad)}$$



Medindo distâncias em Astronomia

- Paralaxe Geocêntrica (anterior à invenção do radar)

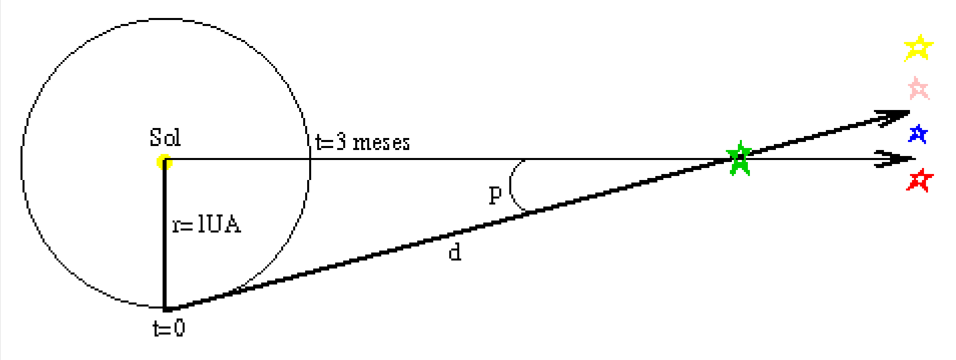
$$p(rad) = \frac{R_{Terra}}{d} \longrightarrow d = \frac{R_{Terra}}{p(rad)}$$

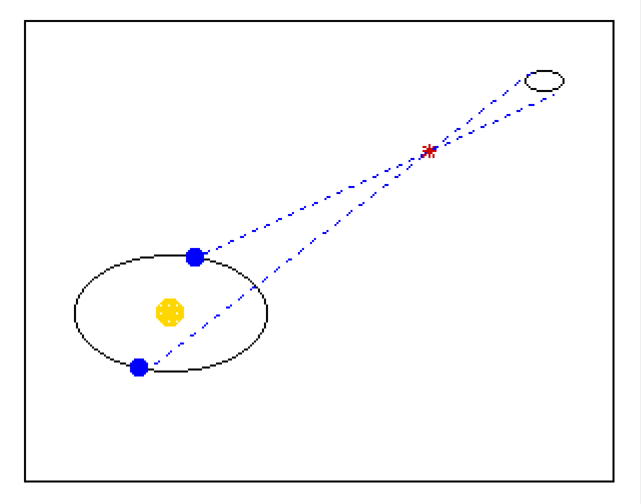
Lua vista simultaneamente em 25 de abril de 2007
de Porto Alegre (esquerda) e de Paris (direita)

Medindo distâncias em Astronomia

- Paralaxe Heliocêntrica (estrelas próximas)

$$p(rad) = \frac{raio\ da\ \acute{o}rbita\ da\ Terra}{d} \dashrightarrow d = \frac{1UA}{p(rad)}$$





Medindo distâncias em Astronomia

- Paralaxe Heliocêntrica (estrelas próximas):
- Com as observações simultâneas de Jean Richer (1630-1696) em Cayenne, na Guiana Francesa, Jean Picard (1620-1682) e Olaus Rømer (1644-1710) em Paris, Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) estimou a paralaxe de Marte como 15" entre Cayenne e Paris (7200 km de distância, 25" total, 2RTerra) e, considerando que Marte está a 1,52 UA do Sol, estimou o valor da UA como 140 milhões de km. O valor correto é de 149,597870691 milhões de km. Para comparação, o olho humano só consegue detectar ângulos maiores que cerca de 4'=4×60".

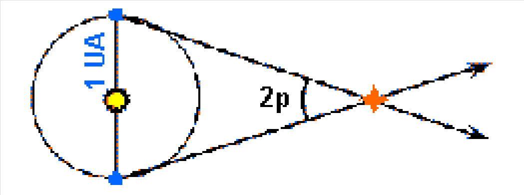
Medindo distâncias em Astronomia

- Determinando distância Terra-Sol pela distância Terra-Marte
- Porque não enviar sinal de radar para o Sol e medir sua distância??
- Distância Terra-Marte: 0,52 UA

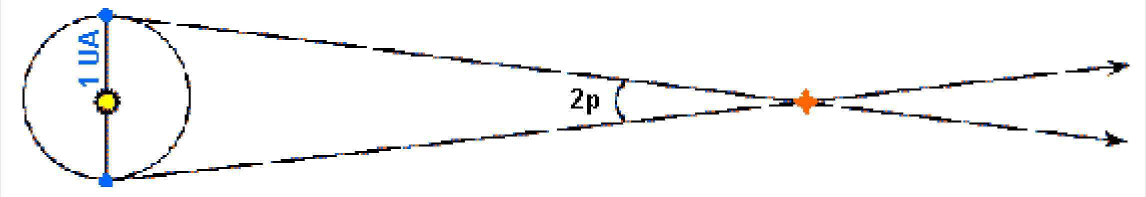
1 UA – X km
0.52 UA – 77.790.890 km

$$1UA = \frac{77790890\,\text{km}}{0,52} = 1,496 \times 10^{8}\,\text{km}$$

X = 77.790.890 km / 0,52



$$d(UA) = \frac{1}{p(rad)}$$



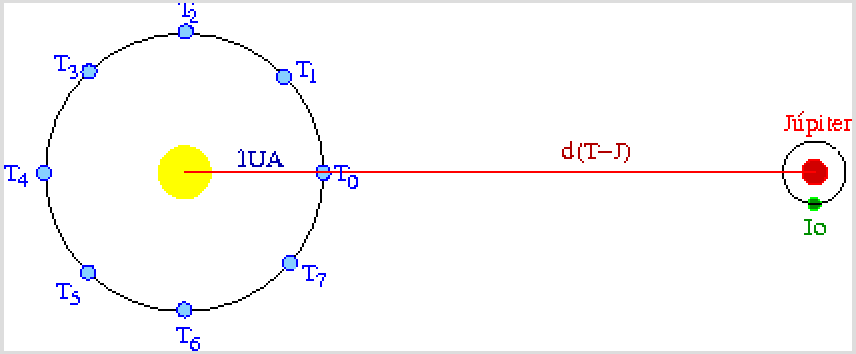
Medindo distâncias em Astronomia

- Ano-Luz

1 AL = c $\times 1\,\mathrm{ano} = 2,9979 \times 10^5\ \mathrm{km/s} \times 3,1557 \times 10^7\ \mathrm{s},$

$$\boxed{1\,\mathrm{AL} = 9,46 \times 10^{12}\ \mathrm{km}.}$$

- Velocidade da Luz: A determinação da velocidade da luz foi feita pela primeira vez em 1675, pelo astrônomo dinamarquês Olaus Rømer (1644 - 1710), medindo o intervalo entre sucessivos eclipse da lua Io, de Júpiter (P=1,769138d), para diferentes pontos da órbita da Terra.

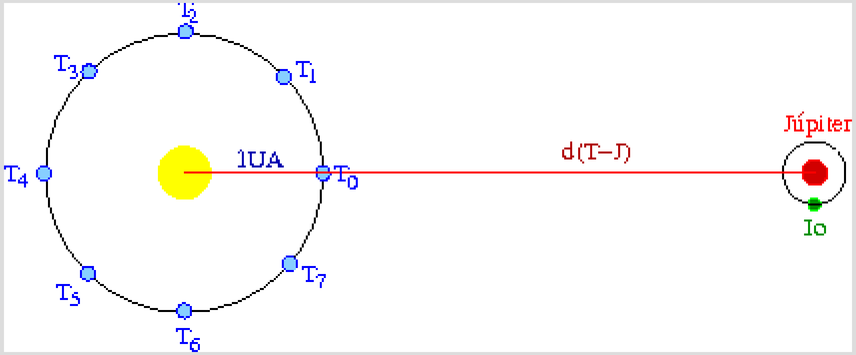


Medindo distâncias em Astronomia

- Rømer verificou que os eclipses ficavam atrasados quando Júpiter estava mais distante da Terra, e adiantados quando Júpiter estava mais próximo da Terra. O atraso total quando a Terra ia deT0 para T4 era de 1000 segundos.

$$t'_{T_0} = t_{T_0} + \frac{d_{(T-J)_{T_0}}}{c}, \qquad t'_{T_4} = t_{T_4} + \frac{d_{(T-J)_{T_4}}}{c}.$$

$$\left(t'_{T_4} - t'_{T_0}\right) - \left(t_{T_4} - t_{T_0}\right) = \frac{d_{(T-J)_{T_4}} - d_{(T-J)_{T_0}}}{c}.$$

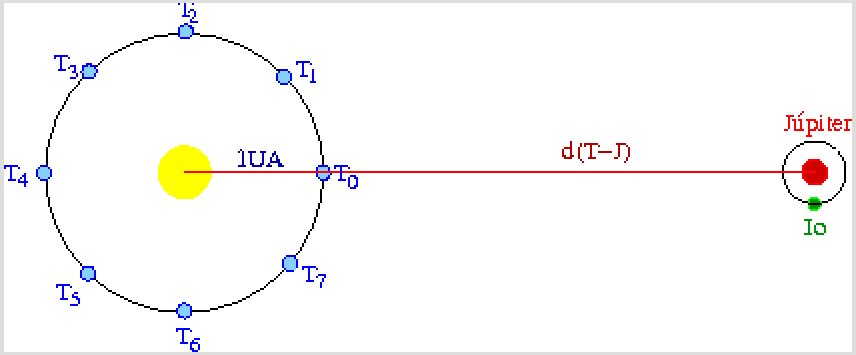


Medindo distâncias em Astronomia

- Rømer verificou que os eclipses ficavam atrasados quando Júpiter estava mais distante da Terra, e adiantados quando Júpiter estava mais próximo da Terra. O atraso total quando a Terra ia deT0 para T4 era de 1000 segundos.

$$c = \frac{d_{(T-J)T_4} - d_{(T-J)T_0}}{1000s} = \frac{diâmetro\ da\ órbita\ da\ Terra}{1000s}. \quad \frac{241\,500\,000 Km}{1000s} = 241\,500\ Km/s$$

$$c = \frac{299\,795\,786\,\mathrm{km}}{1000\,\mathrm{s}} = 299\,795,796\,\mathrm{km/s} \simeq 300\,000\,\mathrm{km/s}$$

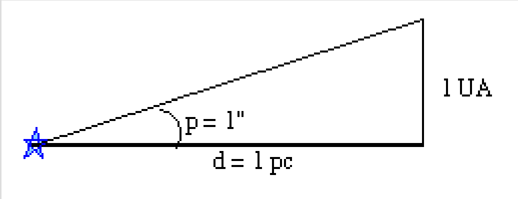


Medindo distâncias em Astronomia

- Parsec: é a distância de um objeto tal que, um observador nesse objeto veria o raio da órbita da Terra com um tamanho angular de 1” , ou ainda, é a distância de um objeto que apresenta paralaxe heliocêntrica de 1”   (1 pc = 3,26 AL)

$$d(UA) = \frac{1}{p(rad)}$$

$$1'' = \left(\frac{1^\circ}{3600}\right)\left(\frac{2\pi}{360^\circ}\right) = 4,848 \times 10^{-6}\, rad$$



$$1\,pc = \frac{1\ \text{UA}}{4,848 \times 10^{-6}} = 206\,265\, UA$$

$$\boxed{d(\text{pc}) = \frac{1}{p('')}}$$

$$\boxed{d(\text{UA}) = \frac{1}{p(\text{radianos})} = \frac{206\,265}{p(\text{segundos de arco})}}$$

$$\boxed{d(\text{anos}-\text{luz}) = \frac{3,26}{p('')}}$$

Medindo distâncias em Astronomia

- Alpha Centauri: 4,4 AL = 1,32pc
- Logo paralaxe menor que 1” (p=0,76”)
- Grandes Telescópios modernos: incerteza de 0,05”
- Grandes Telescópios modernos com CCD: 0,001”

Estrela	Paralaxe	Distância	
Alpha Centauri	0,772"	1,295 pc	4,223 a.l.
Sírius	0,379"	2,638 pc	8,606 a.l.
Procyon	0,286"	3,496 pc	11,404 a.l.