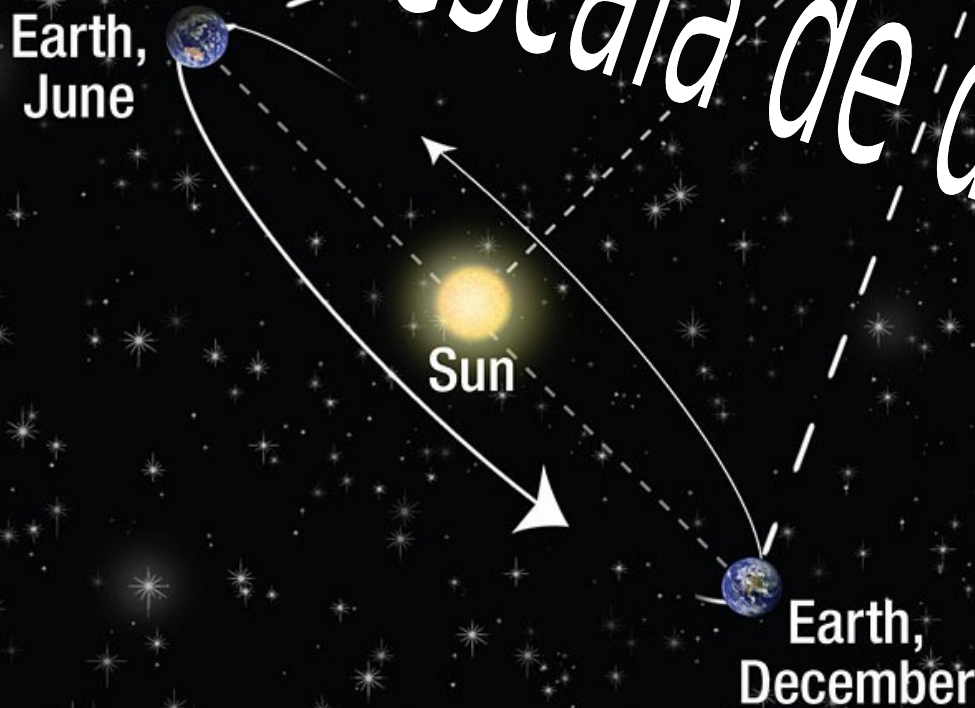


# Primeiras paralaxes medidas e a escala de distâncias



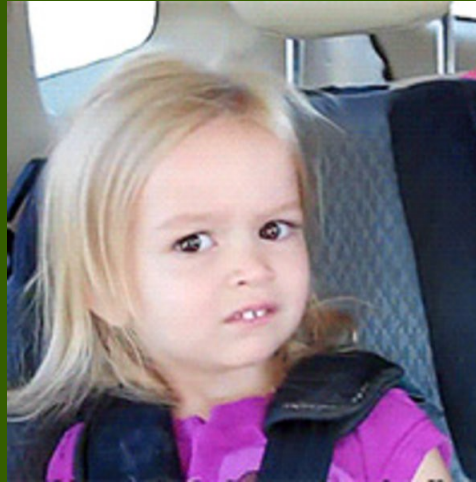
Nearby  
star

Earth,  
June

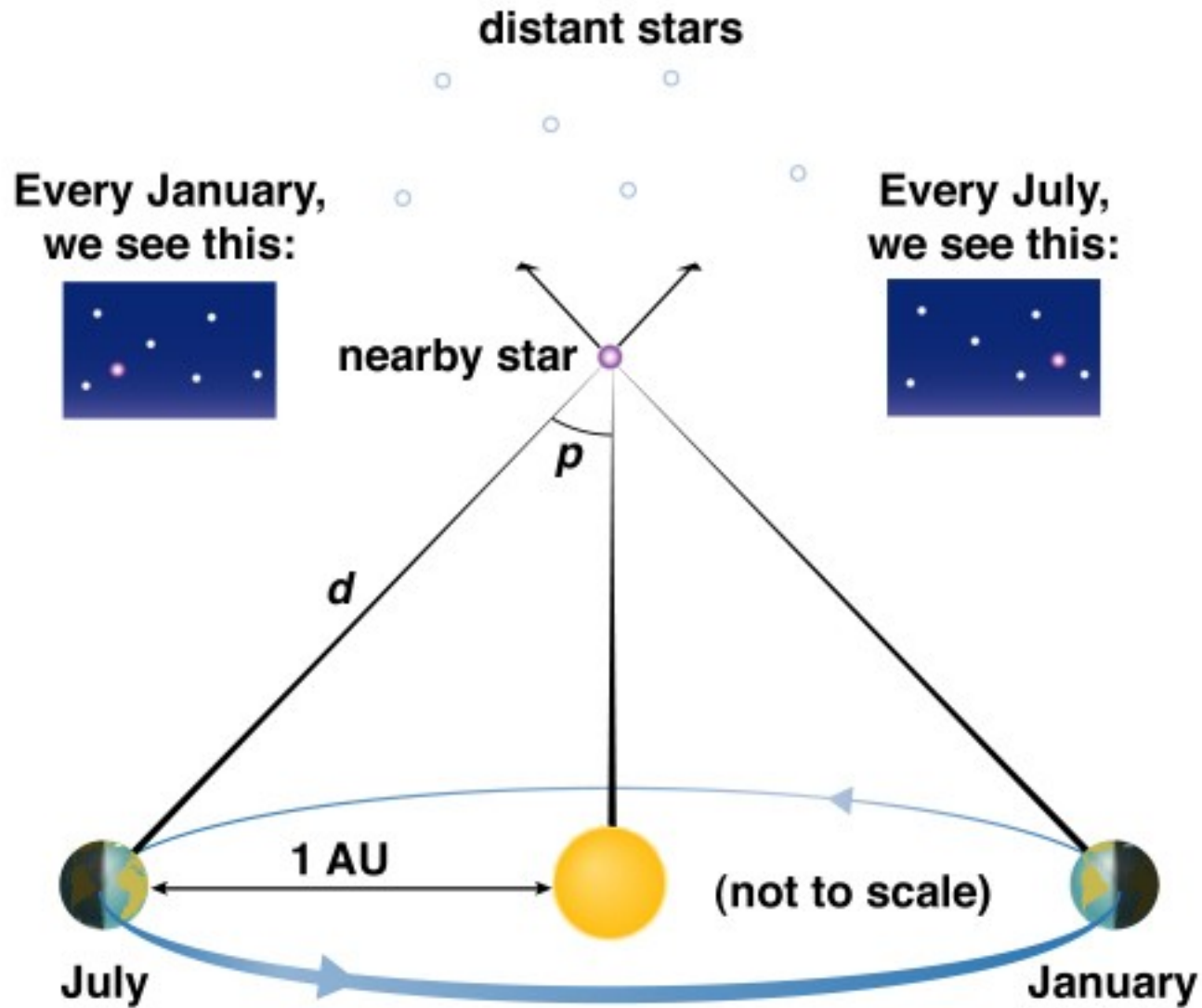
Earth,  
December

Sun

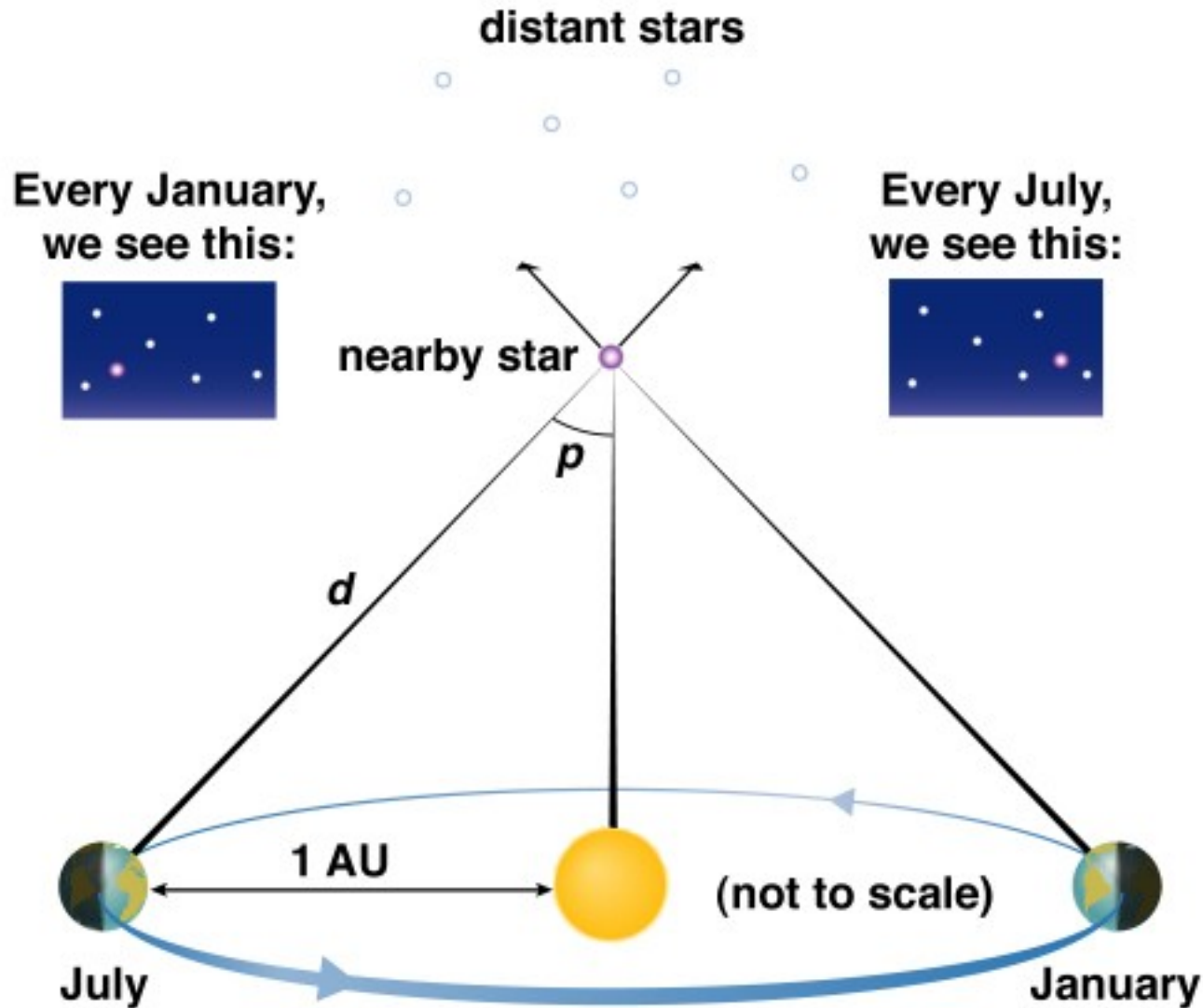
*Paralaxe?*



# Paralaxe?



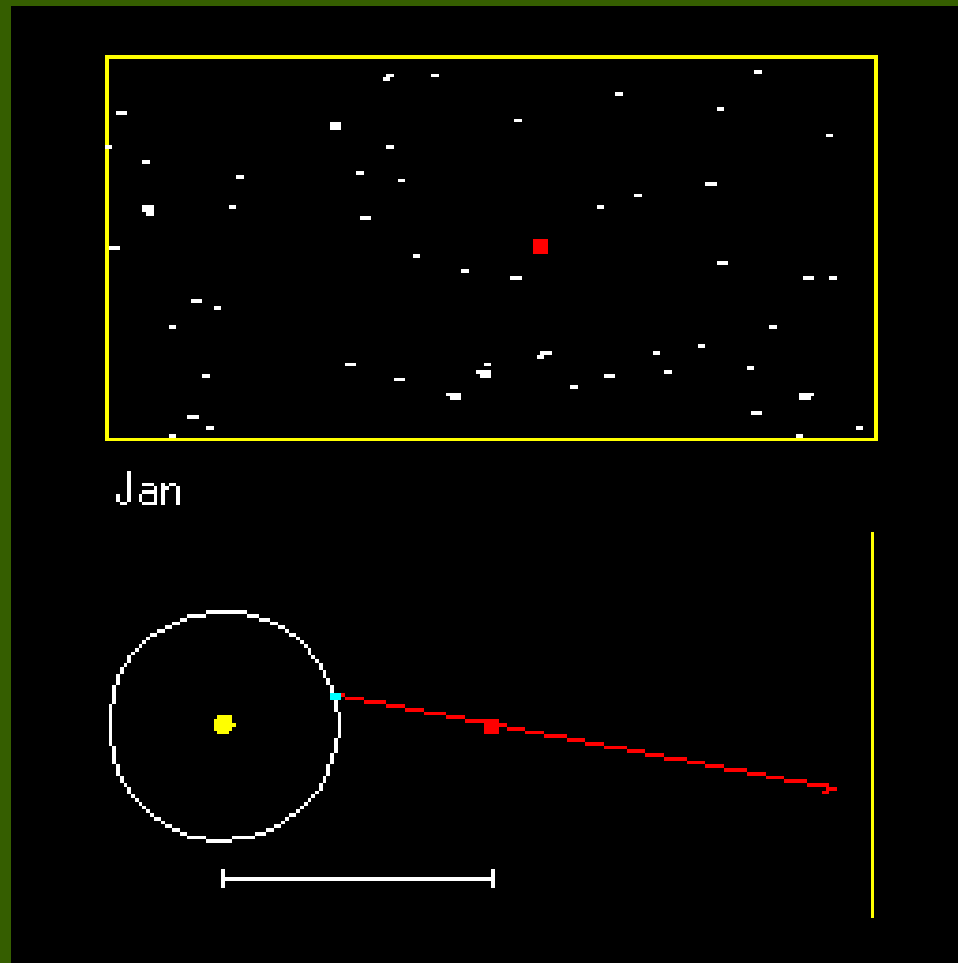
# Paralaxe?



Copyright © Addison Wesley

→ deslocamento aparente na direção de um objeto devido à mudança de posição do observador.

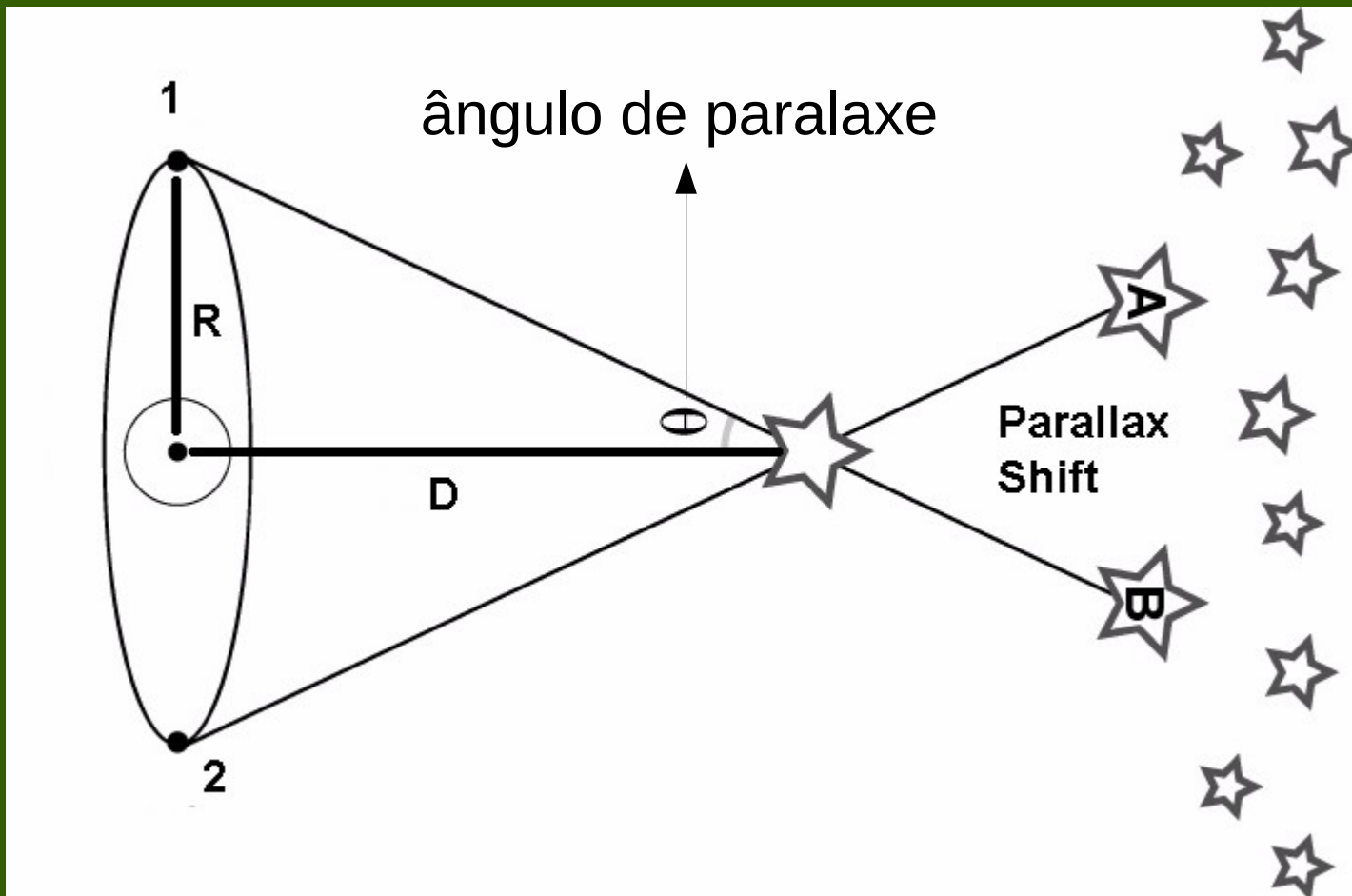
# Paralaxe?



<http://astro.if.ufrgs.br/dist/mparalaxe.gif>

# Paralaxe!

→ Mede-se um *ângulo* de variação da posição.



# *Paralaxe!*

→ É uma maneira simples de medir distâncias.



# Paralaxe!

→ É uma maneira simples de medir distâncias.

Exemplo:



Aurélia

Bartolomeu



# Paralaxe!

→ É uma maneira simples de medir distâncias.

Exemplo:



Aurélia

Bartolomeu



Aurélia

# Paralaxe!

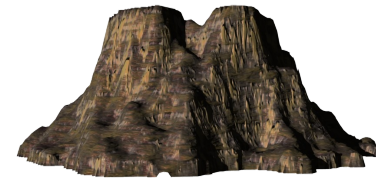
→ É uma maneira simples de medir distâncias.

Exemplo:



Aurélia

Bartolomeu



Bartolomeu

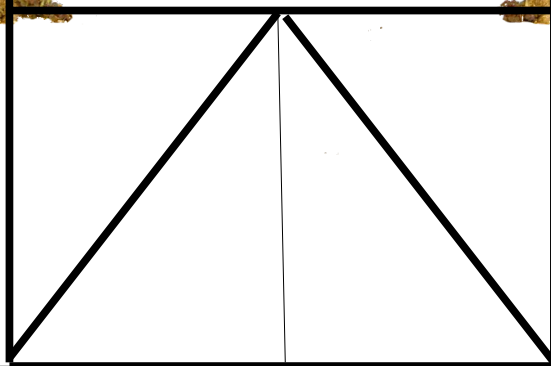


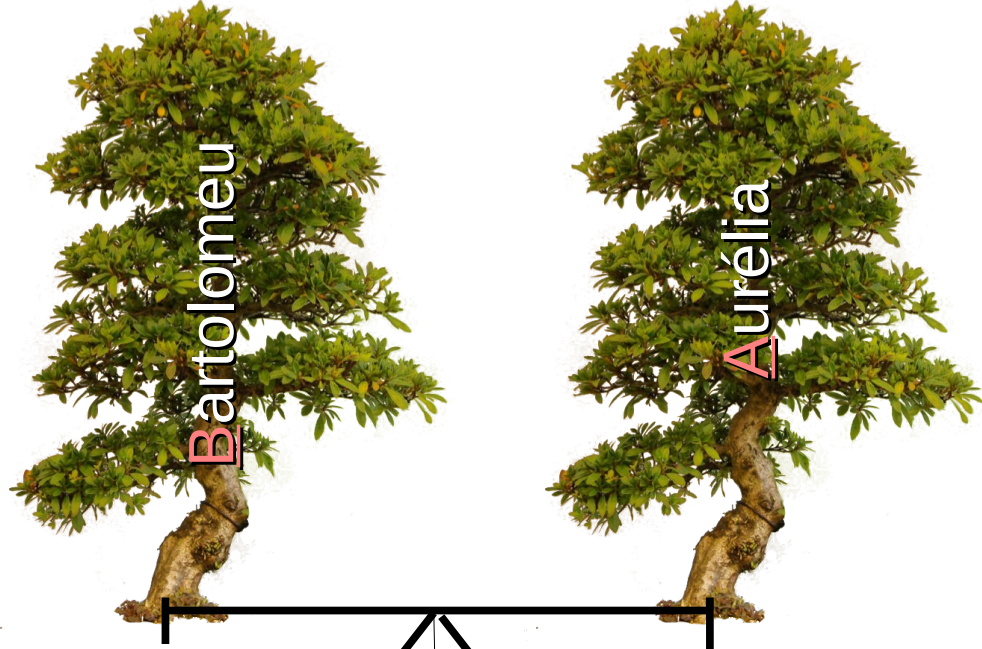


Bartolomeu



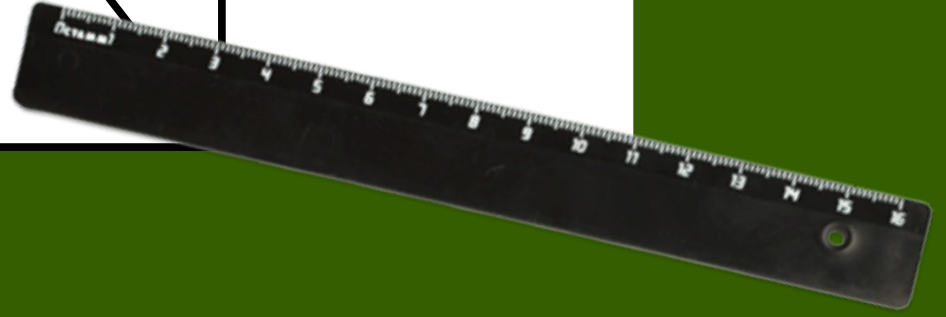
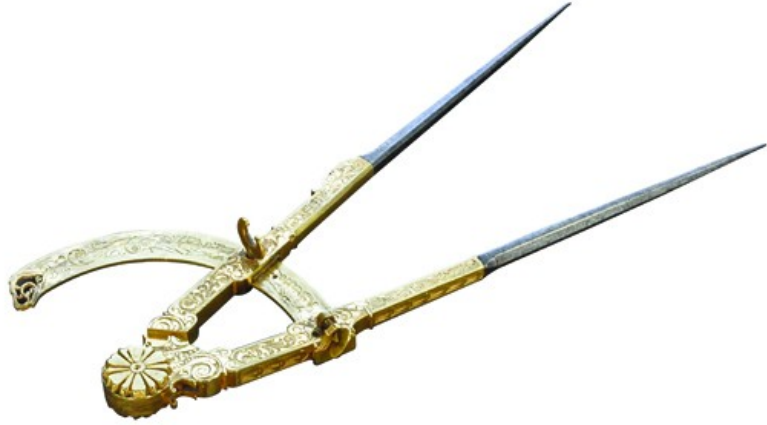
Aurélia



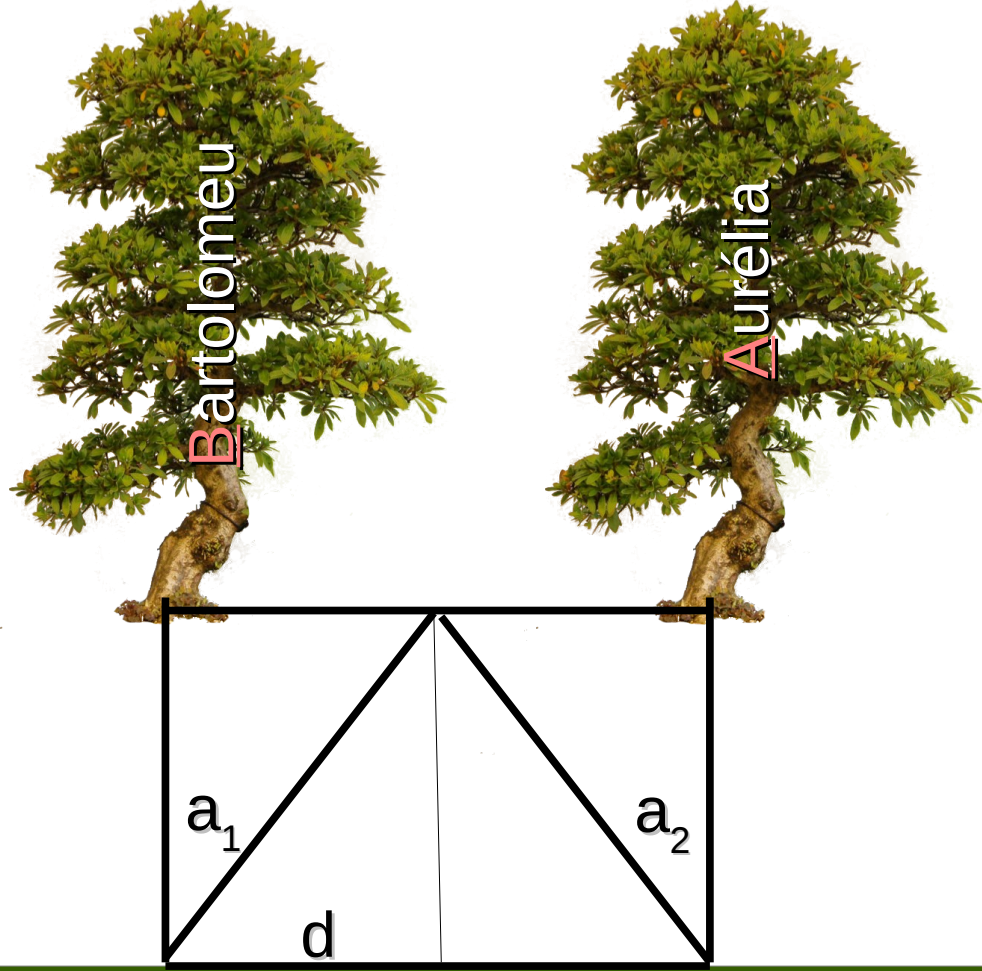


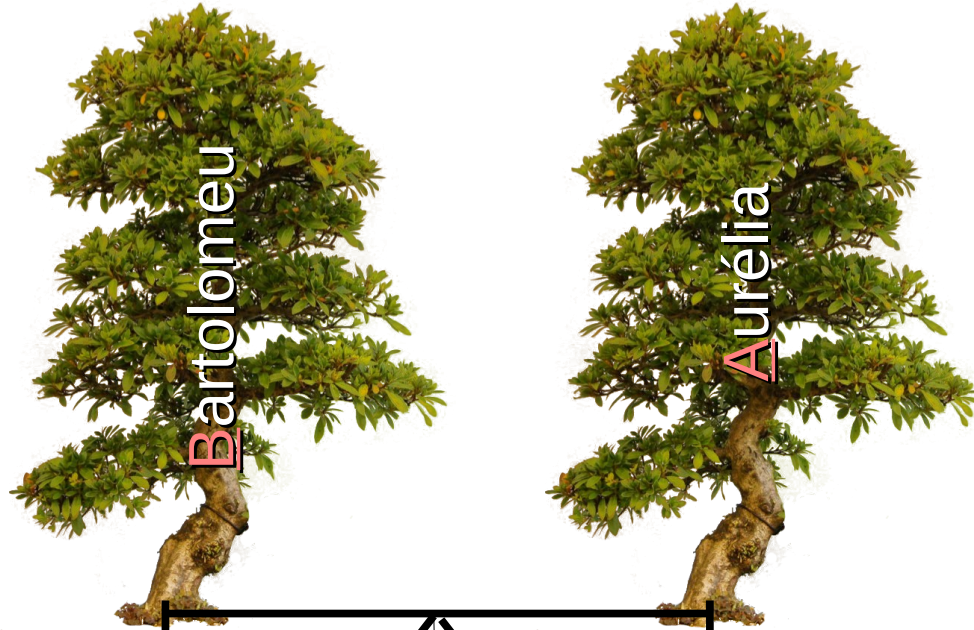
Bartolomeu

Aurélia









Bartolomeu

Aurélia

$$p = (a_1 + a_2)/2$$

$a_1$

$d$

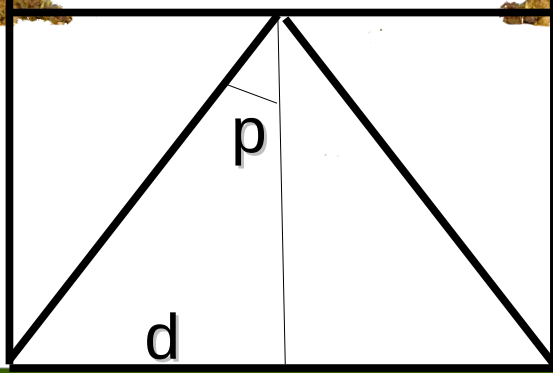
$a_2$

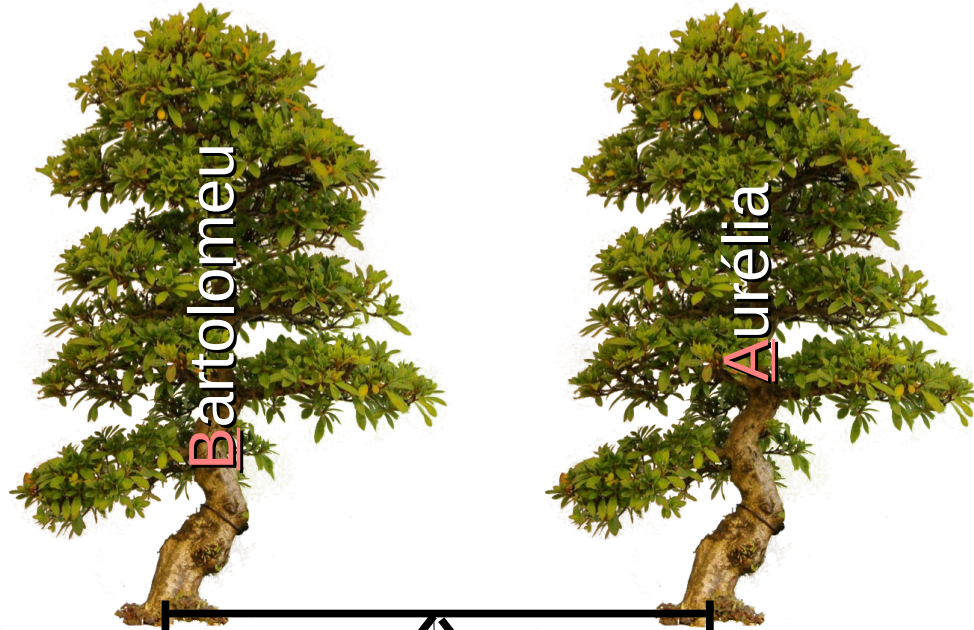


Bartolomeu



Aurélia





$$D = d / \text{tg}(p)$$

# *Paralaxe*

→ Esse mesmo método de triângulação é utilizado para medir a distância de objetos astronômicos.

# *Paralaxe*

- Esse mesmo método de triangulação é utilizado para medir a distância de objetos astronômicos.
- Contudo, como eles estão  *muito* longe, é preciso que se escolha uma linha de base bastante grande.  
(caso contrário, não se nota paralaxe)

# Paralaxe

- Esse mesmo método de triângulação é utilizado para medir a distância de objetos astronômicos.
- Contudo, como eles estão *muito* longe, é preciso que se escolha uma linha de base bastante grande.  
(caso contrário, não se nota paralaxe)

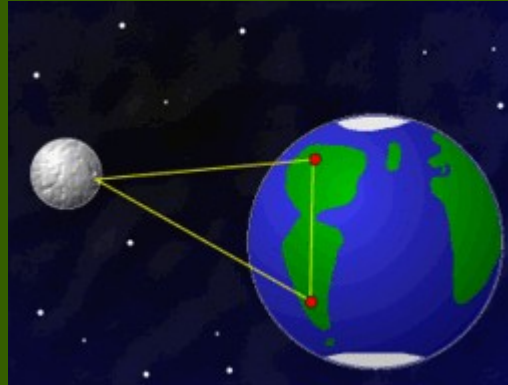
Lua e alguns planetas: diâmetro da Terra = paralaxe *geocêntrica*.

Estrelas próximas: diâmetro da órbita da Terra = paralaxe *heliocêntrica*.



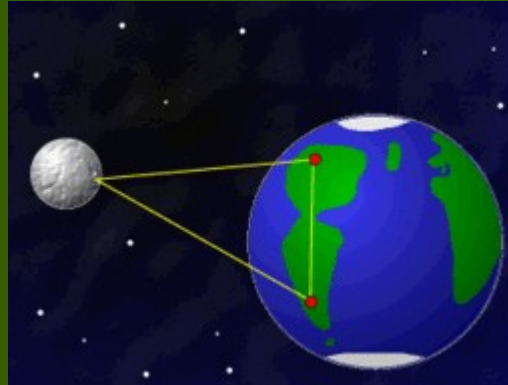
## *Paralaxe Geocêntrica*

→ A posição da Lua é medida, em relação às estrelas de fundo, duas vezes, em posições diferentes da Terra.



## *Paralaxe Geocêntrica*

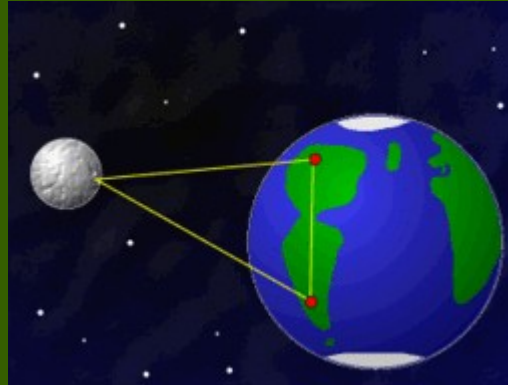
→ A posição da Lua é medida, em relação às estrelas de fundo, duas vezes, em posições diferentes da Terra.



→ A paralaxe corresponde à metade da variação total de ângulo observada entre as duas posições.

# Paralaxe Geocêntrica

→ A posição da Lua é medida, em relação às estrelas de fundo, duas vezes, em posições diferentes da Terra.



→ A paralaxe corresponde à metade da variação total de ângulo observada entre as duas posições.

→ Se as duas posições forem diametralmente opostas:

$$\operatorname{tg}(p \text{ [rad]}) \approx p \text{ [rad]} = R_{\text{Terra}}/d \quad \Rightarrow \quad d = R_{\text{Terra}} / p \text{ [rad]}$$

# *Paralaxe Geocêntrica*



Lua em Paris  
(25/04/2007)



Lua em Porto Alegre  
(25/04/2007)

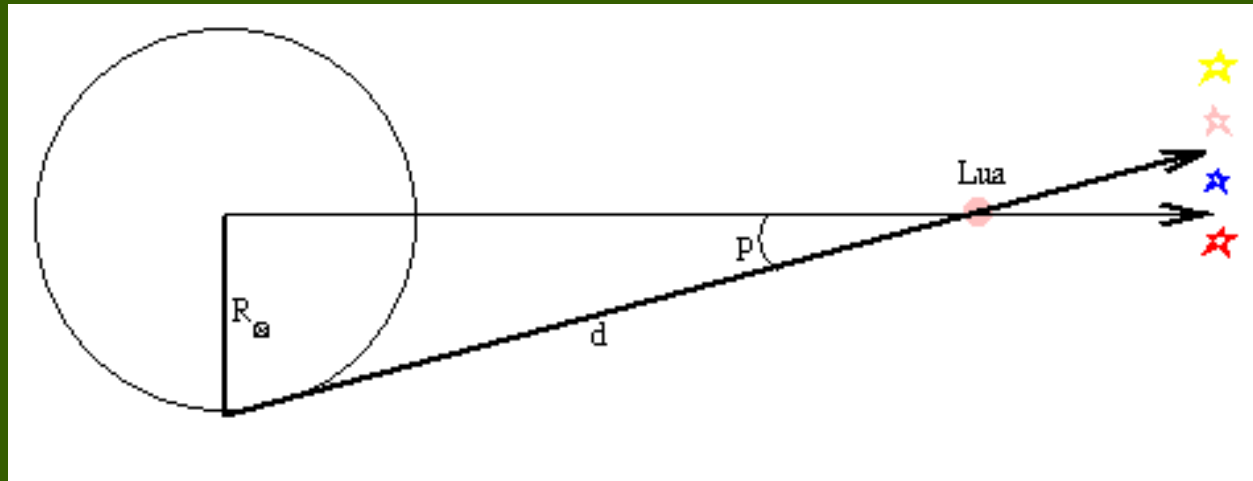
# Paralaxe Geocêntrica



Lua em Paris  
(25/04/2007)



Lua em Porto Alegre  
(25/04/2007)



## *Paralaxe Heliocêntrica*

→ A posição de estrelas é medida ao longo do ano, quando a Terra está em direções opostas do Sol.

## *Paralaxe Heliocêntrica*

- A posição de estrelas é medida ao longo do ano, quando a Terra está em direções opostas do Sol.
- Ou seja: mede uma vez, espera 6 meses, mede novamente.

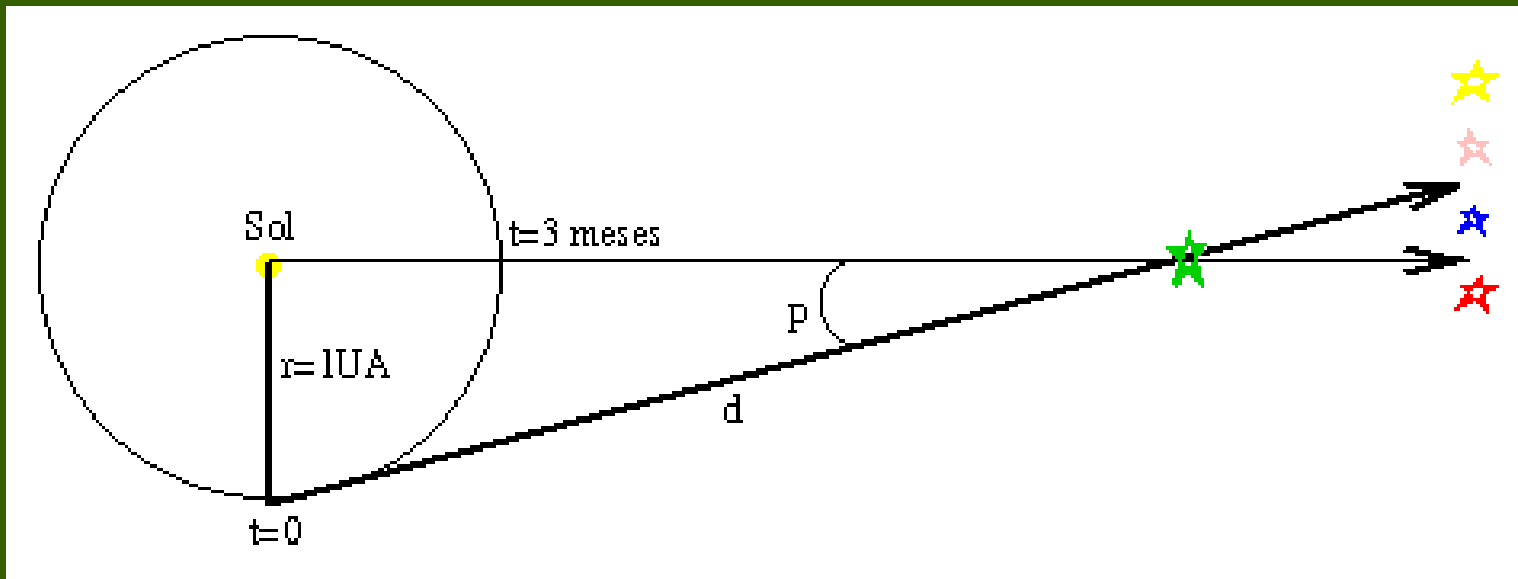


## *Paralaxe Heliocêntrica*

- A posição de estrelas é medido ao longo do ano, quando a Terra está em direções opostas do Sol.
- Ou seja: mede uma vez, espera 6 meses, mede novamente.
- A paralaxe heliocêntrica corresponde à metade do desvio medido.

# Paralaxe Heliocêntrica

- A posição de estrelas é medida ao longo do ano, quando a Terra está em direções opostas do Sol.
- Ou seja: mede uma vez, espera 6 meses, mede novamente.
- A paralaxe heliocêntrica corresponde à metade do desvio medido.



# *Parsec*

→ A unidade de medida de distâncias *parsec*, muito utilizada em Astronomia, é definida a partir da paralaxe.

# *Parsec*

→ A unidade de medida de distâncias *parsec*, muito utilizada em Astronomia, é definida a partir da paralaxe.

1 parsec = distância de um objeto com um ângulo de paralaxe igual a 1"

# *Parsec*

→ A unidade de medida de distâncias *parsec*, muito utilizada em Astronomia, é definida a partir da paralaxe.

1 parsec = distância de um objeto com um ângulo de paralaxe igual a 1"

Assim:

$$d[pc] = \frac{1}{p[""]}$$

# Parsec

→ A unidade de medida de distâncias *parsec*, muito utilizada em Astronomia, é definida a partir da paralaxe.

1 parsec = distância de um objeto com um ângulo de paralaxe igual a 1"

Assim:

$$d[pc] = \frac{1}{p[""]}$$

$$1 \text{ pc} = 3.26 \text{ ly}$$

$$1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ UA}$$

$$1 \text{ pc} = 3.86 \times 10^{13} \text{ km}$$

## *Unidade Astronômica*

→ A primeira estimativa correta da unidade astronômica ocorreu entre 5 de setembro e 1º de outubro de 1672.

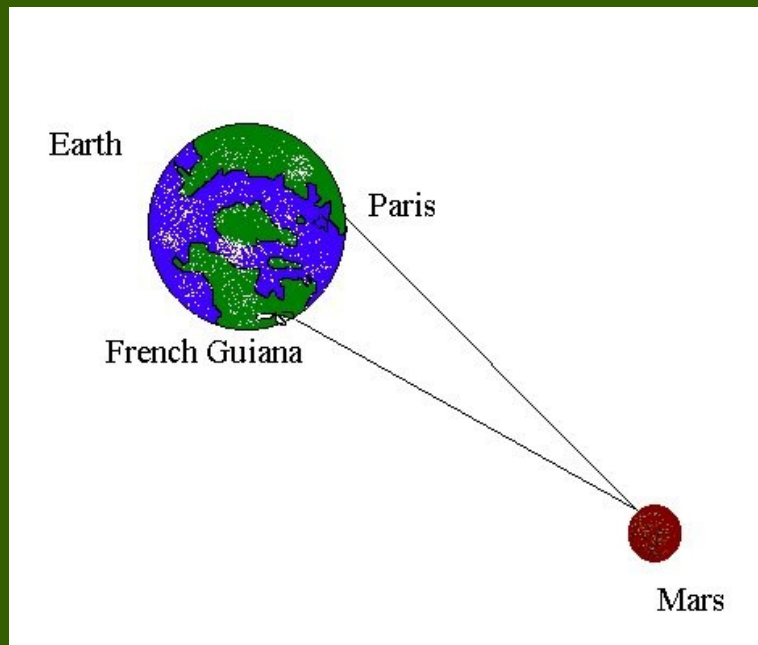


## *Unidade Astronômica*

- A primeira estimativa correta da unidade astronômica ocorreu entre 5 de setembro e 1º de outubro de 1672.
- Marte estava com magnitude -2.3 e muito próximo da estrela  $\psi_2$  Aquarii, com magnitude 4. Além disso, estava próximo da oposição e do perigeu.

# Unidade Astronômica

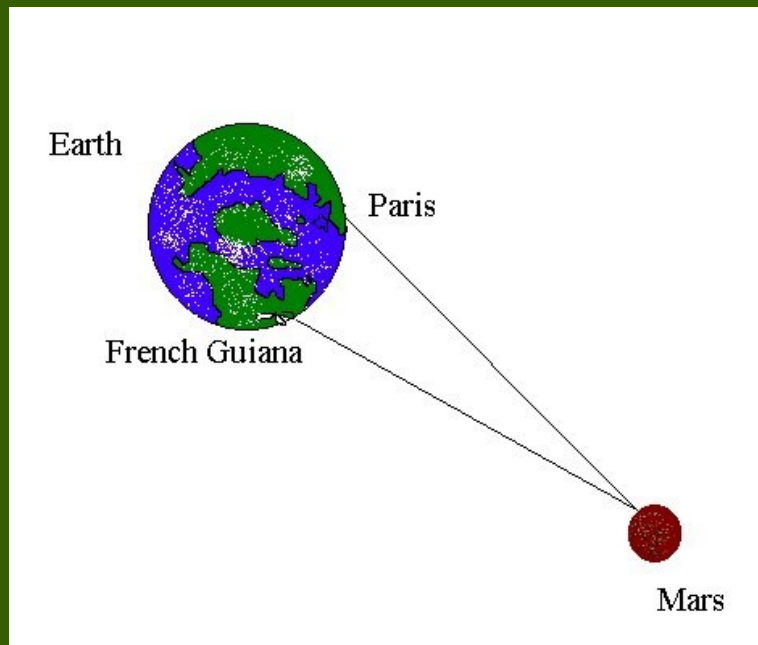
- A primeira estimativa correta da unidade astronômica ocorreu entre 5 de setembro e 1º de outubro de 1672.
- Marte estava com magnitude  $-2.3$  e muito próximo da estrela  $\psi_2$  Aquarii, com magnitude 4. Além disso, estava próximo da oposição e do perigeu.



- Com as observações simultâneas de Jean Richer, na Guiana Francesa, e de Jean Picard e Olaus Rømer, em Paris, era possível estimar a paralaxe de Marte e, dela, a distância do Sol.

# Unidade Astronômica

- A primeira estimativa correta da unidade astronômica ocorreu entre 5 de setembro e 1º de outubro de 1672.
- Marte estava com magnitude -2.3 e muito próximo da estrela  $\psi_2$  Aquarii, com magnitude 4. Além disso, estava próximo da oposição e do perigeu.



- Com as observações simultâneas de Jean Richer, na Guiana Francesa, e de Jean Picard e Olaus Rømer, em Paris, era possível estimar a paralaxe de Marte e, dela, a distância do Sol.
- Sabendo que essa distância é de 1.52 UA, Giovanni Domenico Cassini obteve 140 milhões de quilômetros, próximo do valor atual de 149.6 milhões de quilômetros.

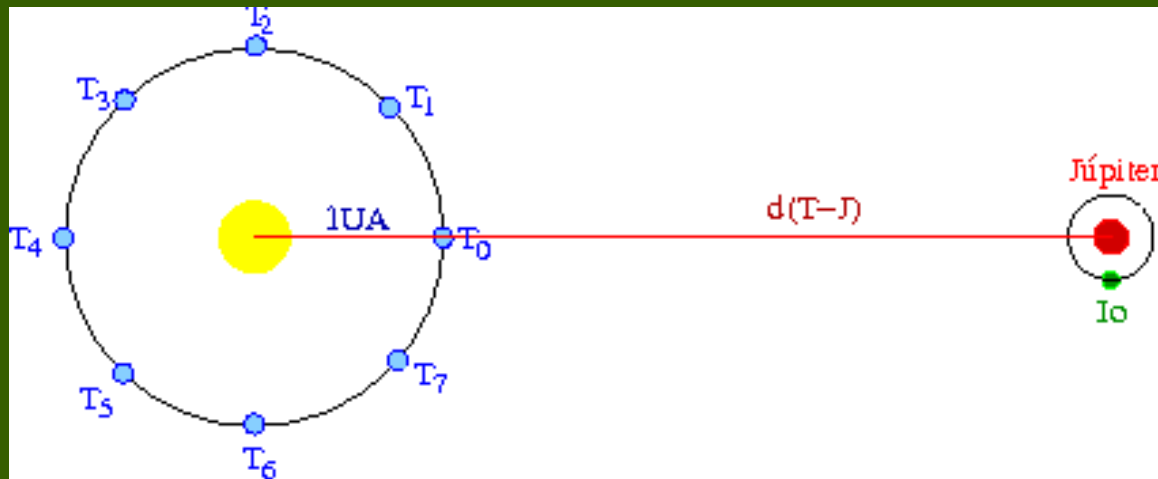
# *Ano-luz*

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

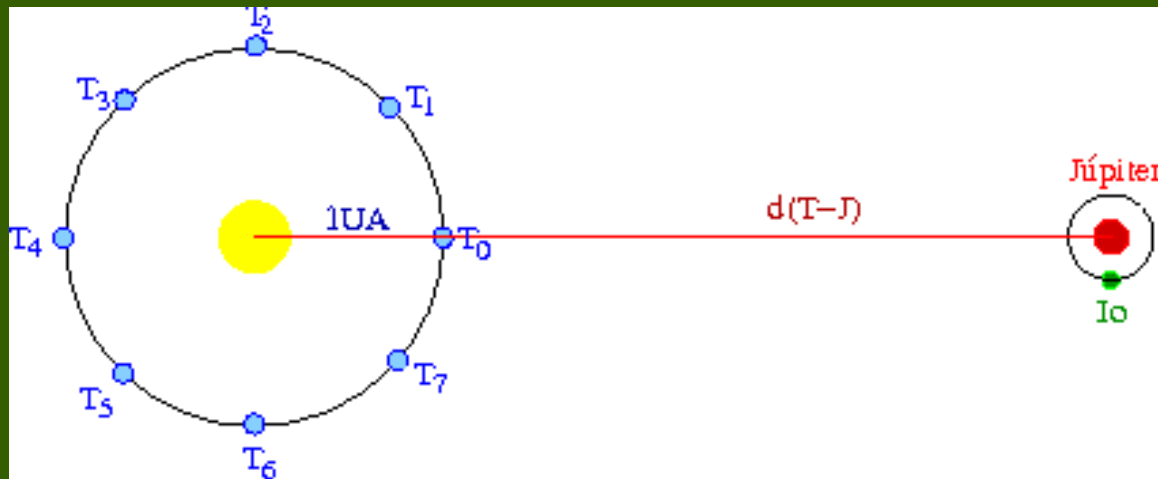
→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.



# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.

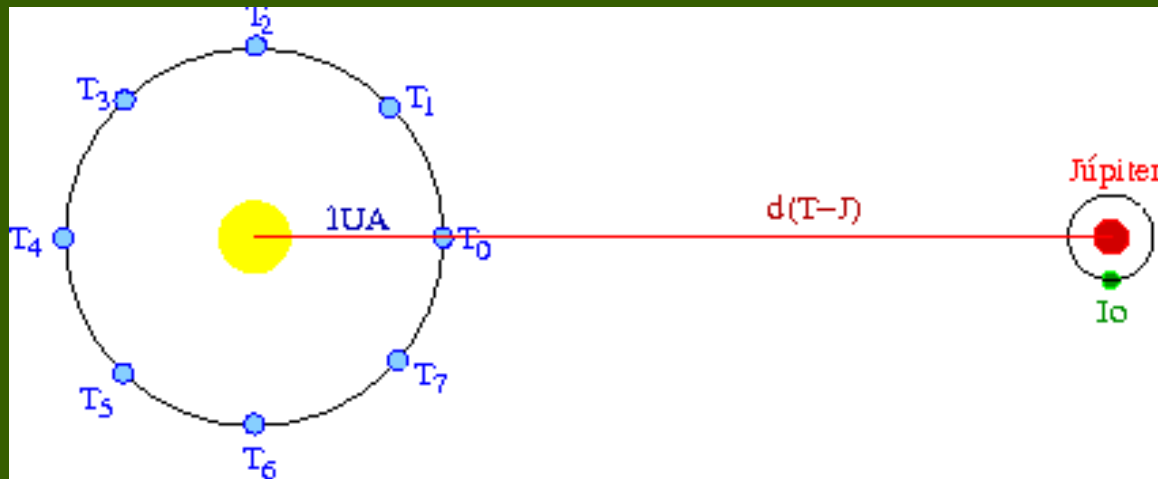


→ Ele verificou que os eclipses *atrasavam* quando Júpiter estava mais distante da Terra, e *adiantavam* quando Júpiter estava mais próximo da Terra.

# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.



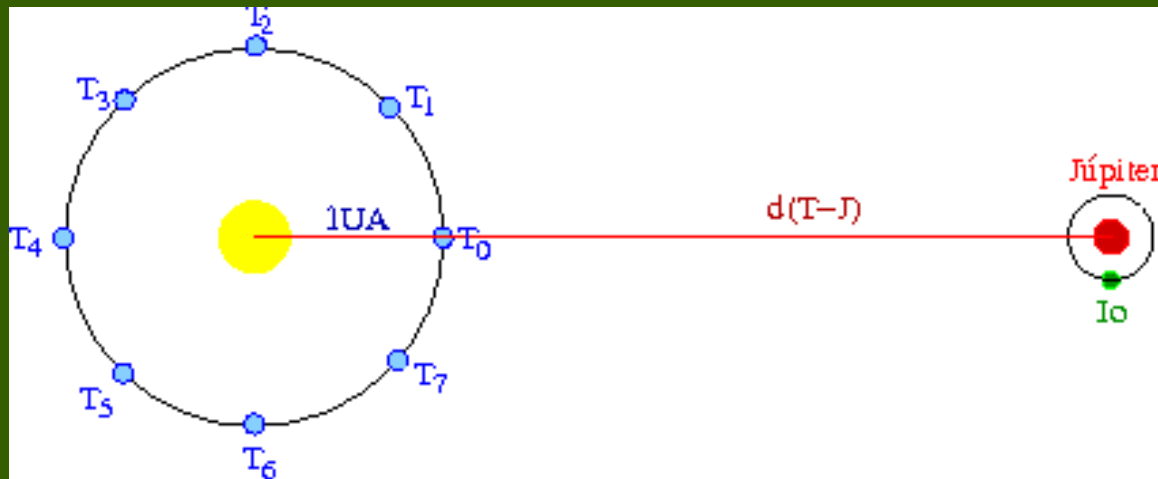
→ Ele verificou que os eclipses *atrasavam* quando Júpiter estava mais distante da Terra, e *adiantavam* quando Júpiter estava mais próximo da Terra.

→ A atraso total quando a Terra ia de T<sub>0</sub> para T<sub>4</sub> era de 1000 s.

# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.



→ Ele verificou que os eclipses *atrasavam* quando Júpiter estava mais distante da Terra, e *adiantavam* quando Júpiter estava mais próximo da Terra.

→ A atraso total quando a Terra ia de T<sub>0</sub> para T<sub>4</sub> era de 1000 s.

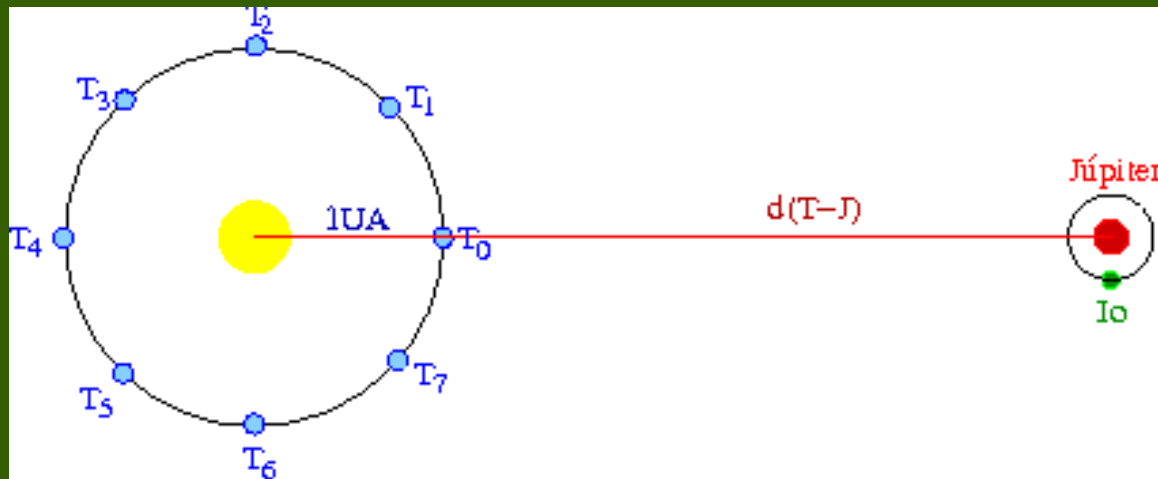
$$c = \frac{\text{diâmetro da órbita da Terra}}{1000 \text{ s}}$$



# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.



→ Ele verificou que os eclipses *atrasavam* quando Júpiter estava mais distante da Terra, e *adiantavam* quando Júpiter estava mais próximo da Terra.

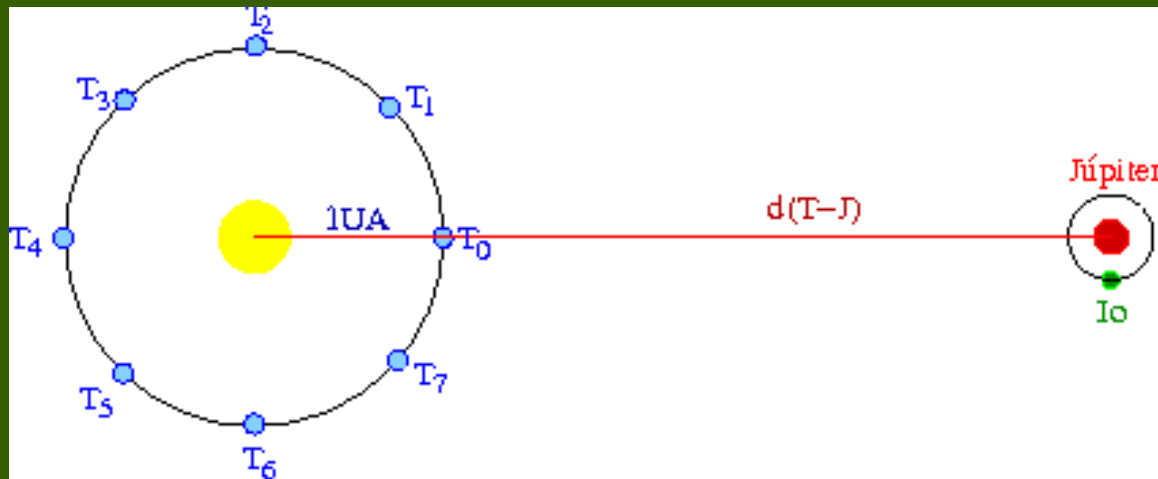
→ A atraso total quando a Terra ia de T<sub>0</sub> para T<sub>4</sub> era de 1000 s.

$$c = \frac{241\,500\,000 \text{ km}}{1000 \text{ s}} = 241\,500 \text{ km/s} \quad (\text{à época})$$

# Ano-luz

→ Distância percorrida pela luz em um ano.

→ A velocidade da luz foi determinada pela primeira vez em 1675 por Olaus Rømer, medindo o intervalo entre sucessivos eclipses da lua Io, de Júpiter, para diferentes pontos da órbita da Terra.



→ Ele verificou que os eclipses *atrasavam* quando Júpiter estava mais distante da Terra, e *adiantavam* quando Júpiter estava mais próximo da Terra.

→ A atraso total quando a Terra ia de T<sub>0</sub> para T<sub>4</sub> era de 1000 s.

$$c = \frac{299\,795\,786 \text{ km}}{1000 \text{ s}} \approx 300\,000 \text{ km/s} \quad (\text{hoje})$$

## *Problema*

→ O olho humano só consegue detectar ângulos maiores que 2'.

## *Problema*


- O olho humano só consegue detectar ângulos maiores que 2'.
- A estrela mais próxima do Sol,  $\alpha$ -Centauri (ou Próxima-Centauri), está a uma distância de 4.3 ly = 1.32 pc. Ou seja, sua paralaxe é *menor* que 1".

<i>Estrela</i>	<i>Paralaxe</i>	<i>Distância</i>
Próxima-Centauri	0.772"	1.295 pc
Sírius	0.379"	2.638 pc
Procyon	0.286"	3.496 pc

## Problema

- O olho humano só consegue detectar ângulos maiores que 2'.
- A estrela mais próxima do Sol,  $\alpha$ -Centauri (ou Próxima-Centauri), está a uma distância de 4.3 ly = 1.32 pc. Ou seja, sua paralaxe é *menor* que 1".

<i>Estrela</i>	<i>Paralaxe</i>	<i>Distância</i>
Próxima-Centauri	0.772"	1.295 pc
Sírius	0.379"	2.638 pc
Procyon	0.286"	3.496 pc



Objeto de 2 cm a 5.3 km de distância!

# Problema

- O olho humano só consegue detectar ângulos maiores que 2'.
- A estrela mais próxima do Sol,  $\alpha$ -Centauri (ou Próxima-Centauri), está a uma distância de 4.3 ly = 1.32 pc. Ou seja, sua paralaxe é *menor* que 1".

<i>Estrela</i>	<i>Paralaxe</i>	<i>Distância</i>
Próxima-Centauri	0.772"	1.295 pc
Sírius	0.379"	2.638 pc
Procyon	0.286"	3.496 pc

- Então como medíamos a paralaxe de estrelas?

## *História da Paralaxe*

→ Sua existência foi alvo de debate nas Astronomia por anos. A incapacidade de realizar medidas era um argumento contra teorias que sugeriam que o Sol era apenas uma dentre muitas estrelas.

## *História da Paralaxe*

- Sua existência foi alvo de debate nas Astronomia por anos. A incapacidade de realizar medidas era um argumento contra teorias que sugeriam que o Sol era apenas uma dentre muitas estrelas.
- Só foi provada em 1838, quando Friedrich Bessel fez a primeira medida de paralaxe com sucesso, para a estrela 61 Cygni, usando um heliomêtro de Fraunhofer no Observatório de Königsberg.

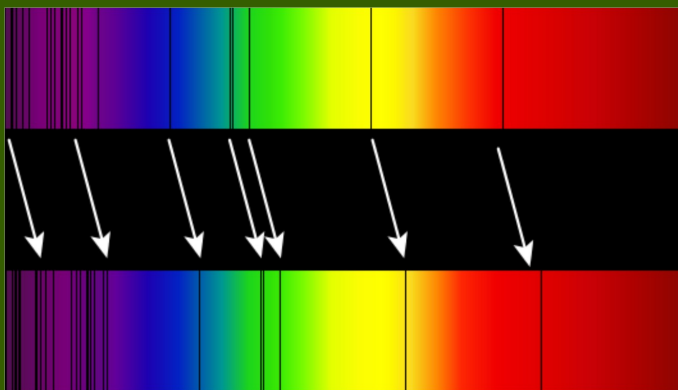


## *História da Paralaxe*

- Sua existência foi alvo de debate nas Astronomia por anos. A incapacidade de realizar medidas era um argumento contra teorias que sugeriam que o Sol era apenas uma dentre muitas estrelas.
- Só foi provada em 1838, quando Friedrich Bessel fez a primeira medida de paralaxe com sucesso, para a estrela 61 Cygni, usando um heliomêtro de Fraunhofer no Observatório de Königsberg.
- Pode ser utilizada para calcular distâncias até cerca de 100 pc (bojo da Galáxia ~ 2000 pc, disco ~ 30 000 pc).

# História da Paralaxe

- Sua existência foi alvo de debate nas Astronomia por anos. A incapacidade de realizar medidas era um argumento contra teorias que sugeriam que o Sol era apenas uma dentre muitas estrelas.
- Só foi provada em 1838, quando Friedrich Bessel fez a primeira medida de paralaxe com sucesso, para a estrela 61 Cygni, usando um heliomêtro de Fraunhofer no Observatório de Königsberg.
- Pode ser utilizada para calcular distâncias até cerca de 100 pc (bojo da Galáxia ~ 2000 pc, disco ~ 30 000 pc).
- Acima desses valores, é necessário utilizar o método de paralaxe espectroscópica ou de *redshift*.



Mede-se o *redshift* das linhas espectrais (efeito Doppler), daí determina-se a velocidade e, dela, a distância.

## *Paralaxe Espectroscópica*

→ Módulo de distância:

$$\mu \equiv m - M = 5 \log ( d [ pc ] ) - 5$$

# *Paralaxe Espectroscópica*

→ Módulo de distância:

$$\mu \equiv m - M = 5 \log ( d [ pc ] ) - 5$$

Magnitude aparente  
(medida a partir do fluxo F)

# Paralaxe Espectroscópica

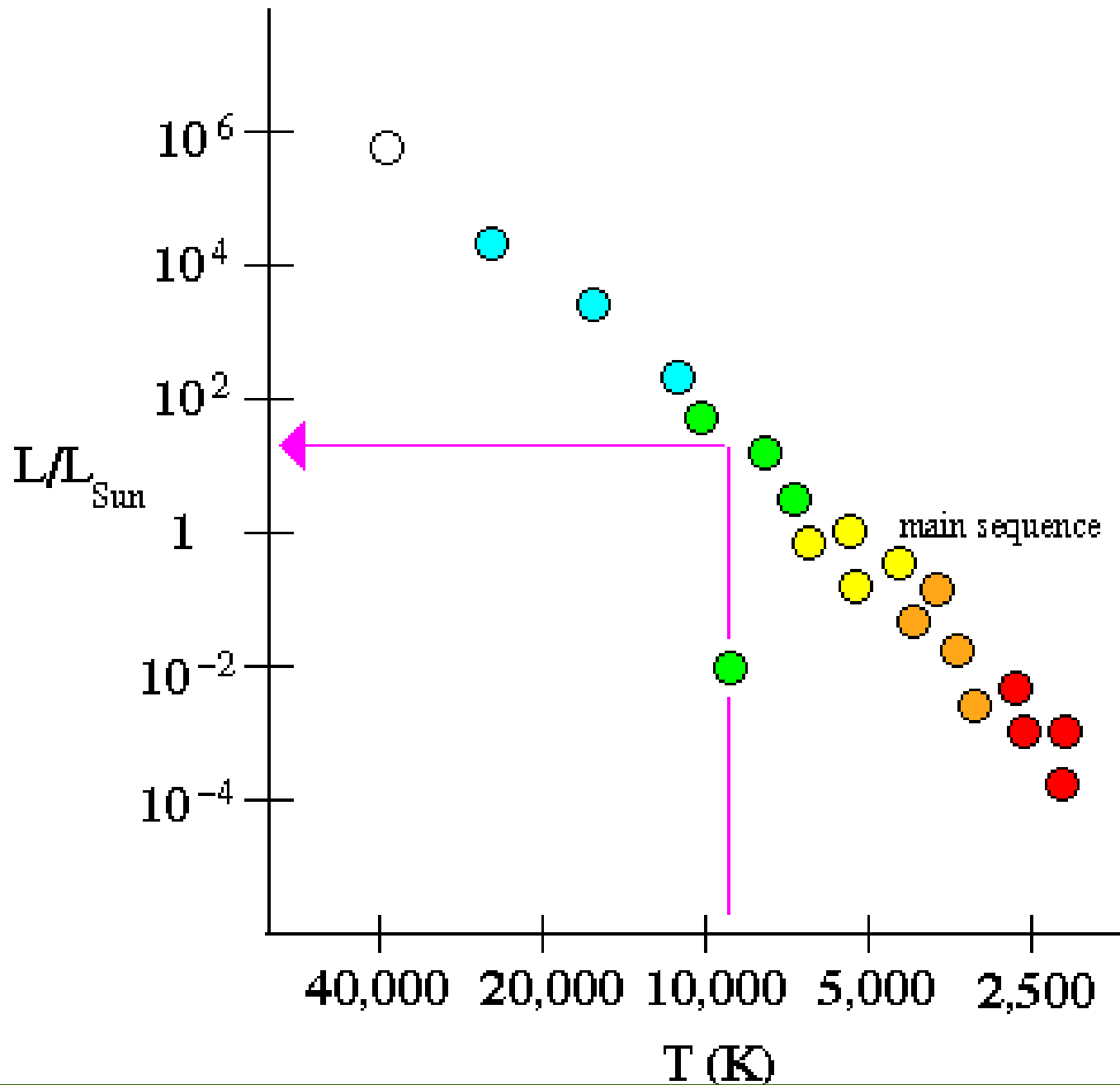
→ Módulo de distância:

$$\mu \equiv m - M = 5 \log ( d [ pc ] ) - 5$$

Magnitude absoluta  
(depende das classes espectral e de  
luminosidade)

Magnitude aparente  
(medida a partir do fluxo F)

# Paralaxe Espectroscópica





## *Primeira Tentativa*

→ O astrônomo inglês James Bradley tentou realizar medidas de paralaxe em 1729, mas não obteve resultados com seu telescópio.



## *Primeira Tentativa*

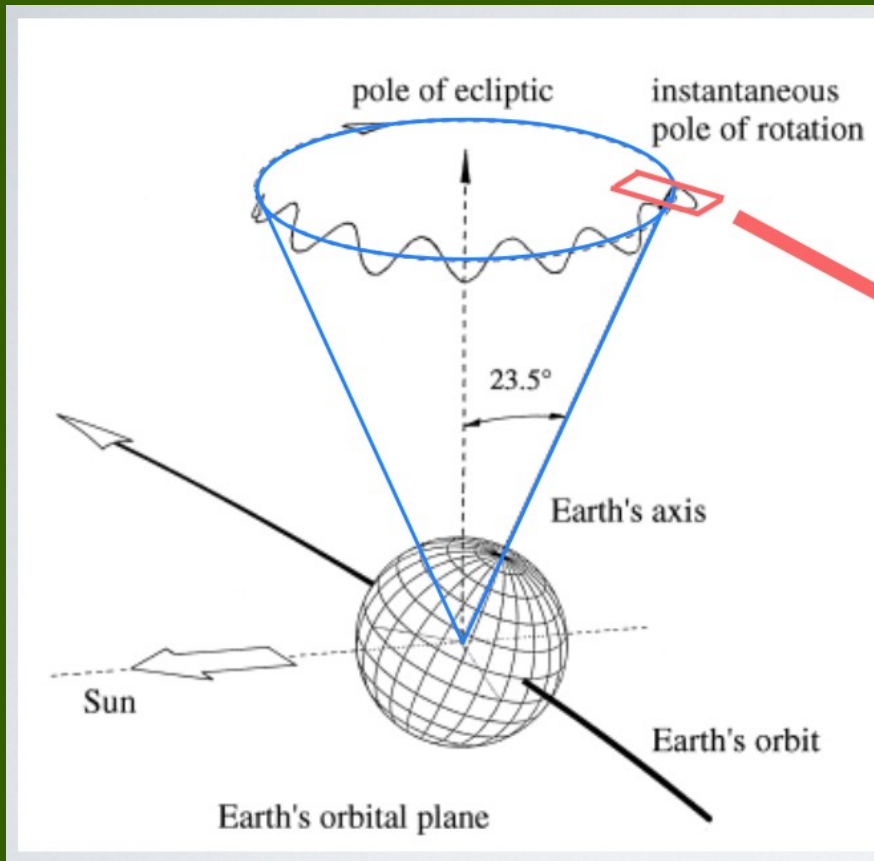
- O astrônomo inglês James Bradley tentou realizar medidas de paralaxe em 1729, mas não obteve resultados com seu telescópio.
- Ele descobriu, no entanto, o movimento de nutação da Terra e catalogou 3 222 estrelas.



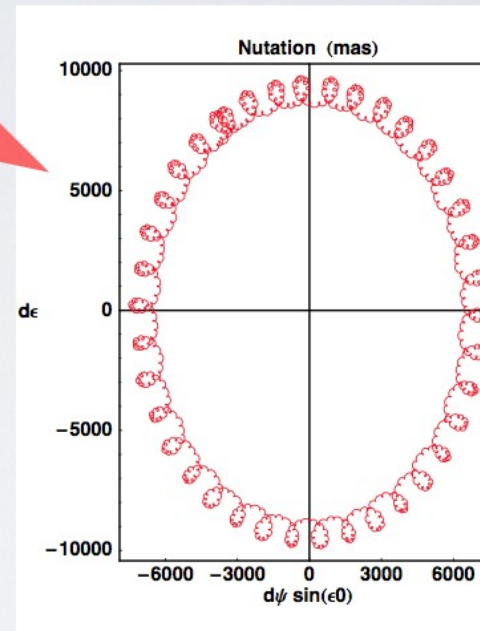


## Primeira Tentativa

- O astrônomo inglês James Bradley tentou realizar medidas de paralaxe em 1729, mas não obteve resultados com seu telescópio.
- Ele descobriu, no entanto, o movimento de nutação da Terra e catalogou 3 222 estrelas.



**Main cause:** gravitational torque from the Moon, the Sun and the planets



## *Séculos XIX e XX*

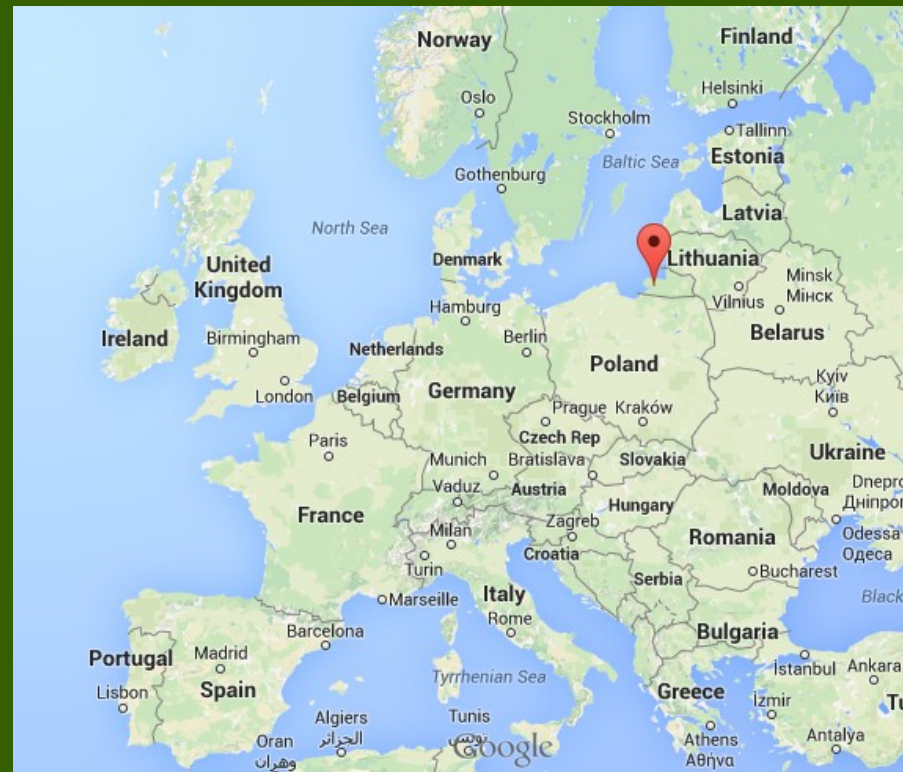


→ O astrônomo e matemática alemão Friedrich Bessel foi o primeiro a ter sucesso em uma medida de paralaxe heliocêntrica.

# Séculos XIX e XX

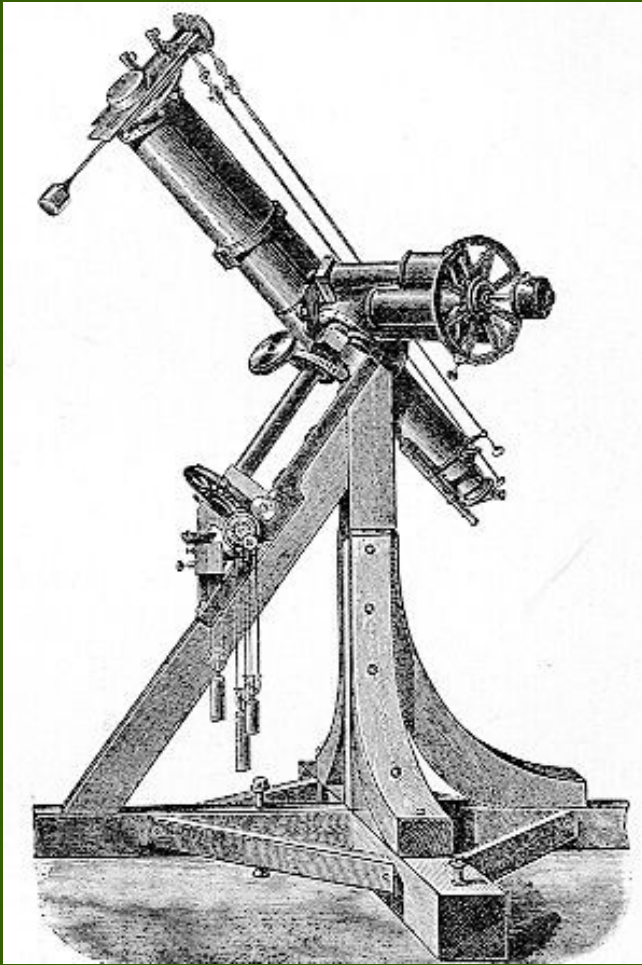


→ Medida foi feita no Observatório de Königsberg (atual Kaliningrado), que foi destruído em um bombardeio em 1944.



## *Séculos XIX e XX*

→ Bessel utilizou um heliômetro.

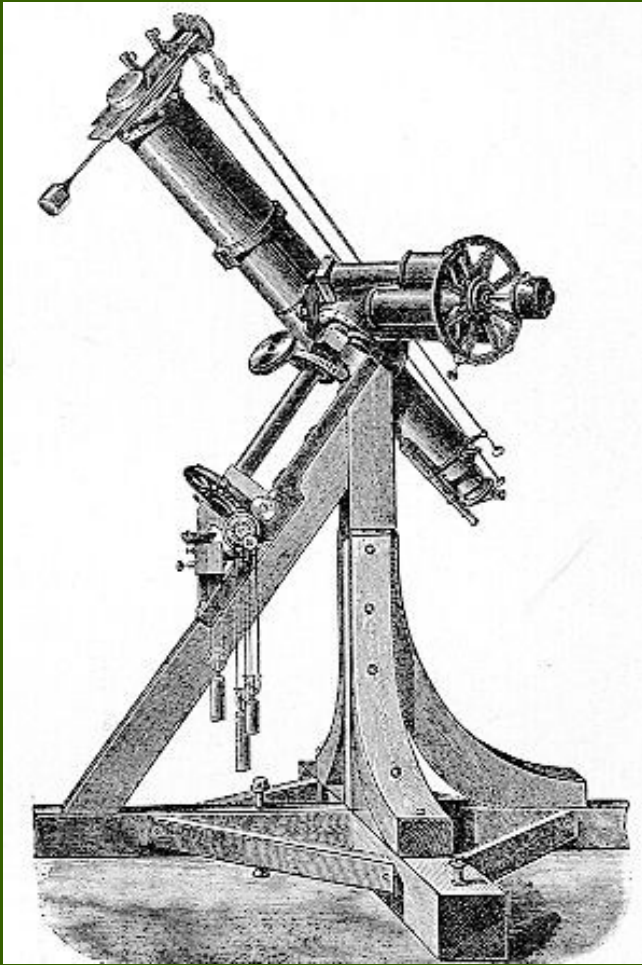




## *Séculos XIX e XX*

→ Bessel utilizou um heliômetro.

→ Tal instrumento foi originamente desenvolvido para medir a variação no diâmetro do Sol durante o ano.

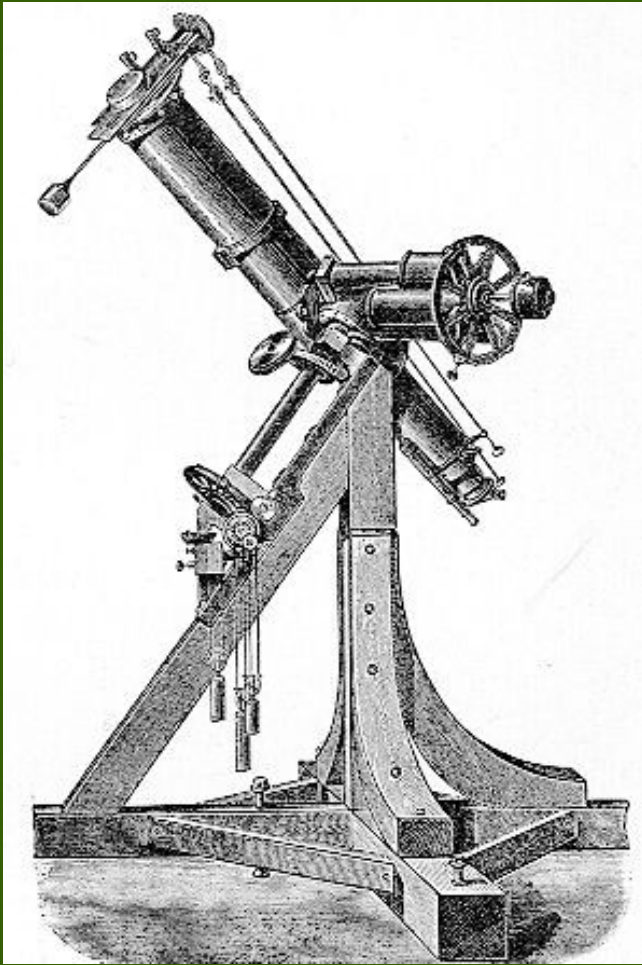


## *Séculos XIX e XX*

→ Bessel utilizou um heliômetro.

→ Tal instrumento foi originamente desenvolvido para medir a variação no diâmetro do Sol durante o ano.

→ Tem um separador de feixe que produz uma imagem dupla.

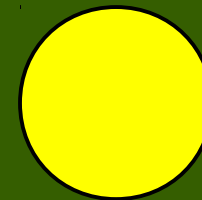
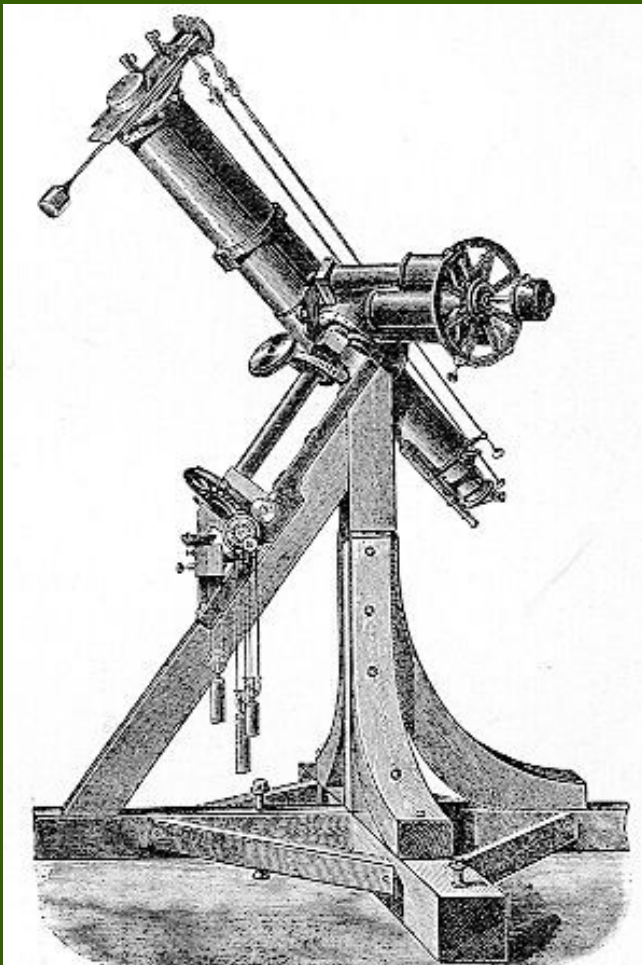


## Séculos XIX e XX

→ Bessel utilizou um heliômetro.

→ Tal instrumento foi originalmente desenvolvido para medir a variação no diâmetro do Sol durante o ano.

→ Tem um separador de feixe que produz uma imagem dupla.



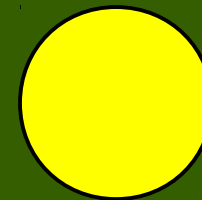
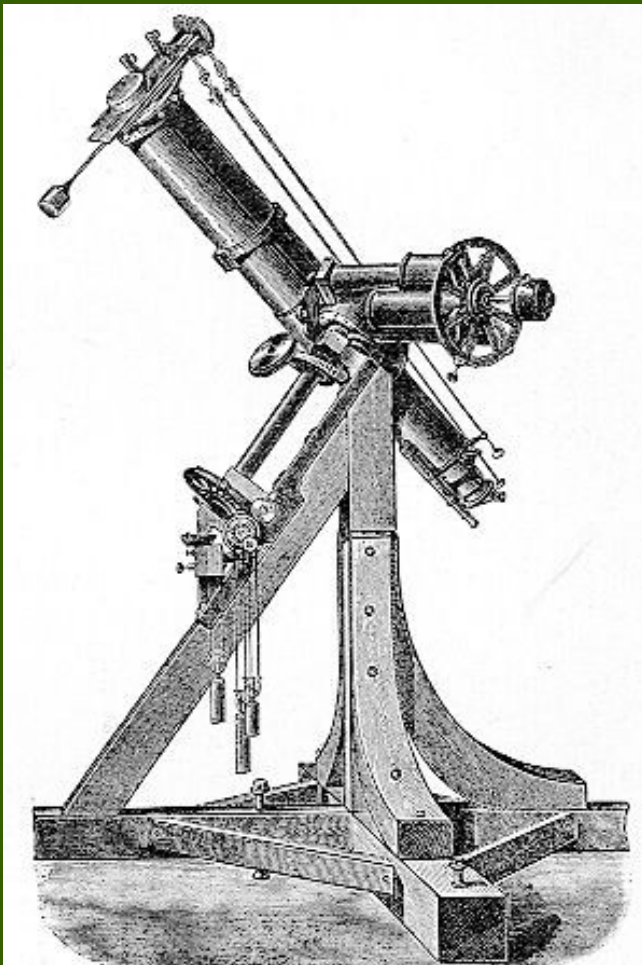
Ponto zero

## Séculos XIX e XX

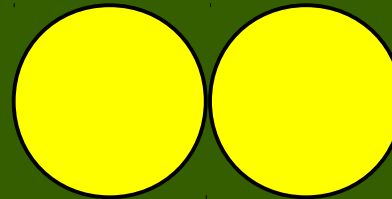
→ Bessel utilizou um heliômetro.

→ Tal instrumento foi originamente desenvolvido para medir a variação no diâmetro do Sol durante o ano.

→ Tem um separador de feixe que produz uma imagem dupla.



Ponto zero



Desliza-se a  
outra imagem, e  
o marcador  
indica o ângulo.

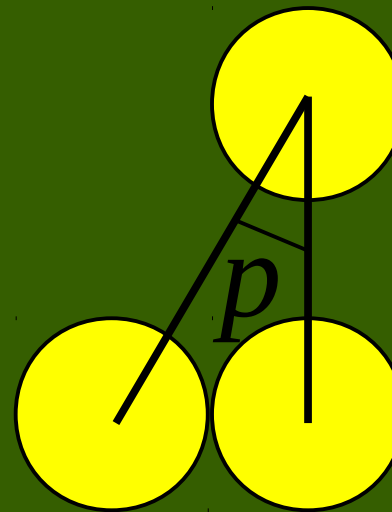
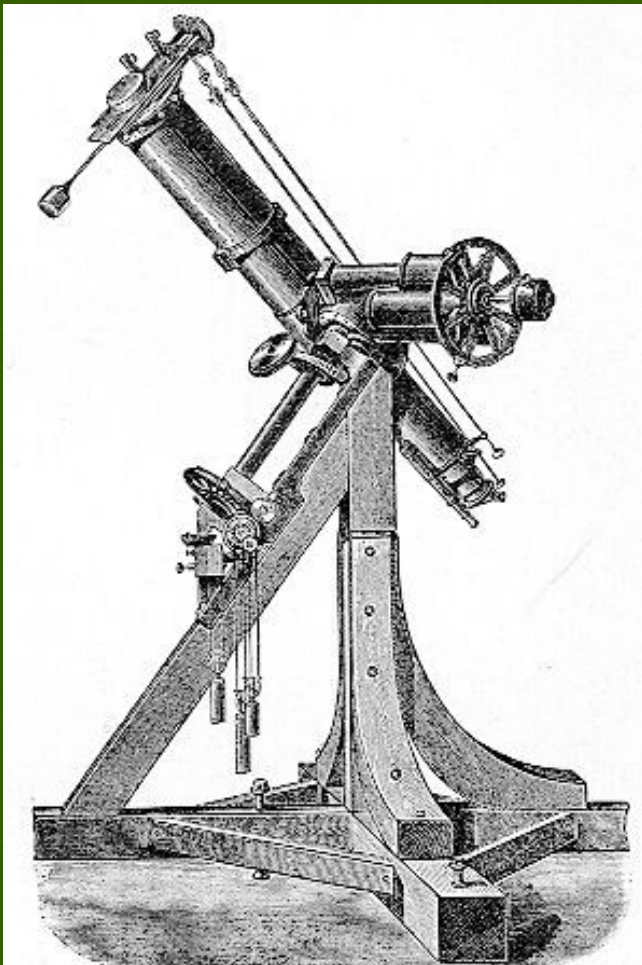


## Séculos XIX e XX

→ Bessel utilizou um heliômetro.

→ Tal instrumento foi originalmente desenvolvido para medir a variação no diâmetro do Sol durante o ano.

→ Tem um separador de feixe que produz uma imagem dupla.



Ponto zero

Desliza-se a outra imagem, e o marcador indica o ângulo.

## *Séculos XIX e XX*

→ O ângulo por ele obtido foi 0.314"

$$d \text{ [pc]} = 1 / 0.314'' = 3.18 \text{ pc} = 10.38 \text{ ly}$$

## *Séculos XIX e XX*

→ O ângulo por ele obtido foi 0.314"

$$d \text{ [pc]} = 1 / 0.314'' = 3.18 \text{ pc} = 10.38 \text{ ly}$$

Valor atual: 11.40 ly (erro de 9.6 %)

## *Séculos XIX e XX*

→ O ângulo por ele obtido foi 0.314"

$$d [\text{pc}] = 1 / 0.314'' = 3.18 \text{ pc} = 10.38 \text{ ly}$$

Valor atual: 11.40 ly (erro de 9.6 %)

→ Pouco tempo depois, Friedrich Struve e Thomas Henderson mediram as paralaxes de Vega e  $\alpha$ -Centauri.

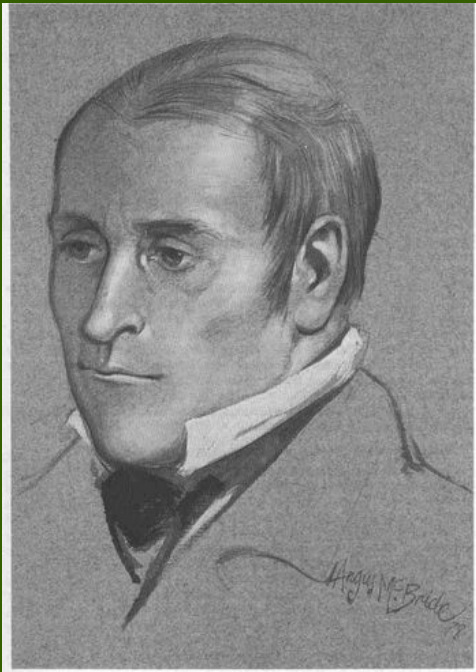
## Séculos XIX e XX

→ O ângulo por ele obtido foi  $0.314''$

$$d [\text{pc}] = 1 / 0.314'' = 3.18 \text{ pc} = 10.38 \text{ ly}$$

Valor atual: 11.40 ly (erro de 9.6 %)

→ Pouco tempo depois, Friedrich Struve e Thomas Henderson mediram as paralaxes de Vega e  $\alpha$ -Centauri.



\* Thomas Henderson, na verdade, realizou sua medida primeiro (~1833), mas, por insegurança, demorou a publicá-la. Acabou ficando em segundo lugar na “*corrida espacial*” dos anos 1830.

## *Séculos XIX e XX*

→ Até o fim do século XX, apenas cerca de 60 paralaxes haviam sido medidas.

## *Séculos XIX e XX*

- Até o fim do século XX, apenas cerca de 60 paralaxes haviam sido medidas.
- No início do século XX, placas fotográficas passaram a ser utilizadas, facilitando as medidas.

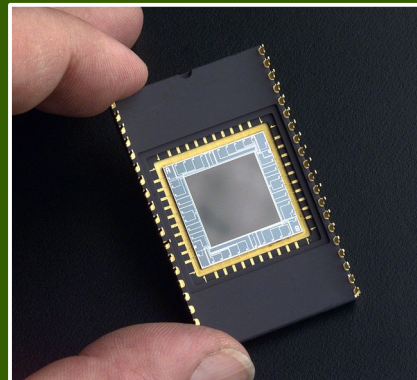
## *Séculos XIX e XX*

- Até o fim do século XX, apenas cerca de 60 paralaxes haviam sido medidas.
- No início do século XX, placas fotográficas passaram a ser utilizadas, facilitando as medidas.
- Nos anos 1960, o desenvolvimento de computadores permitiu a automatização das medidas em placas fotográficas.



## Séculos XIX e XX

- Até o fim do século XX, apenas cerca de 60 paralaxes haviam sido medidas.
- No início do século XX, placas fotográficas passaram a ser utilizadas, facilitando as medidas.
- Nos anos 1960, o desenvolvimento de computadores permitiu a automatização das medidas em placas fotográficas.
- Nos anos 1980, dispositivos de carga acoplada (*charged coupled devices* – CCDs) substituíram as placas fotográficas e reduziram as incertezas para cerca de 1 *marcsec*.



# Paralaxe no Espaço



→ O satélite *Hipparcos* (***High precision parallax collecting satellite***) foi lançado em 1989 para obter paralaxe e movimento próprio para estrelas próximas.

# Paralaxe no Espaço



- O satélite *Hipparcos* (*High precision parallax collecting satellite*) foi lançado em 1989 para obter paralaxe e movimento próprio para estrelas próximas.
- Operou até 1993, catálogo foi lançado em 1997, com mais de 118 200 objetos.

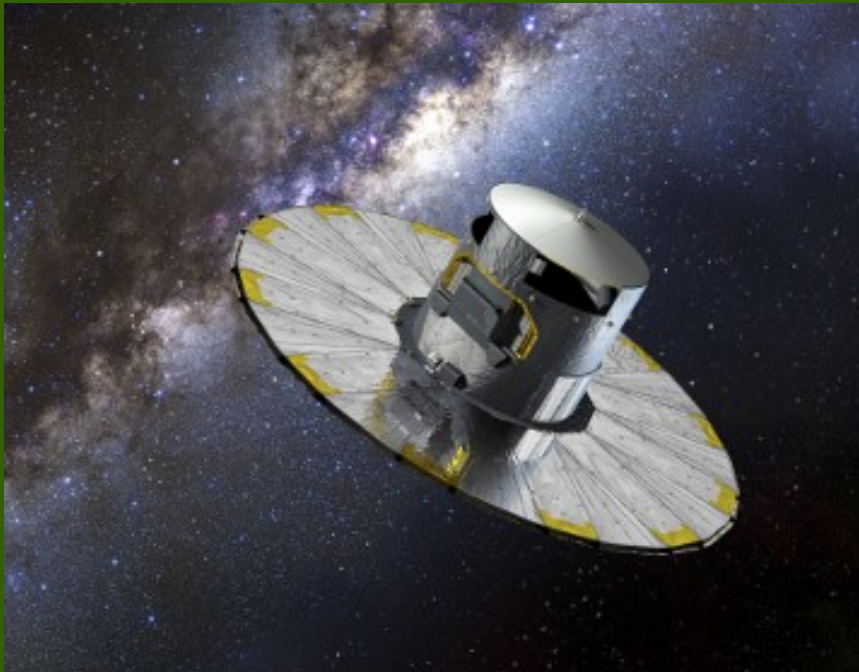
# Paralaxe no Espaço



- O satélite *Hipparcos* (*High precision parallax collecting satellite*) foi lançado em 1989 para obter paralaxe e movimento próprio para estrelas próximas.
- Operou até 1993, catálogo foi lançado em 1997, com mais de 118 200 objetos.
  - Aumentou significativamente o alcance do método. Ainda assim, a paralaxe de objetos a no máximo cerca de 490 pc poderia ser determinada.

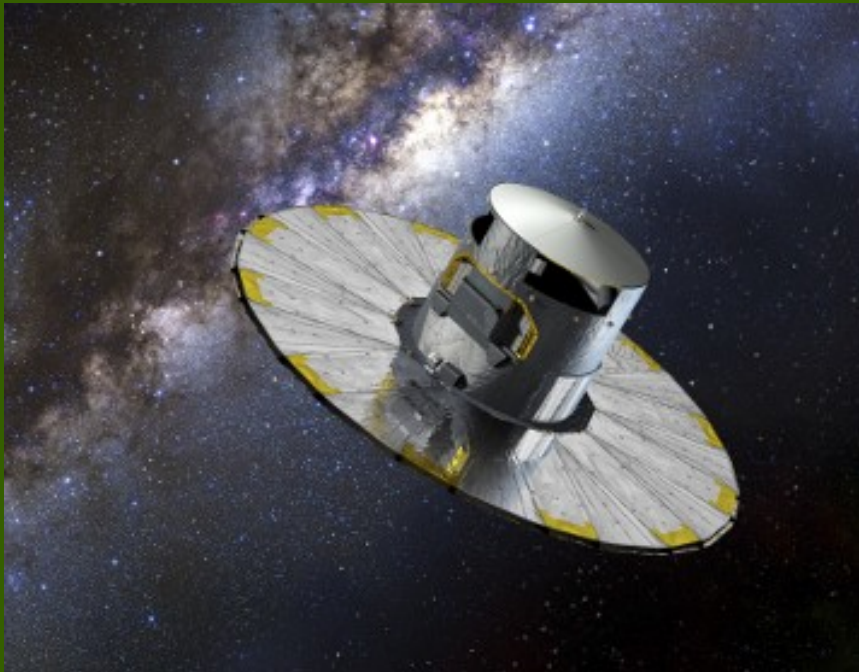
## *Paralaxe no Espaço*

→ O satélite *Gaia* (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*), lançado em 2013, foi o sucessor do *Hipparcos*.



## *Paralaxe no Espaço*

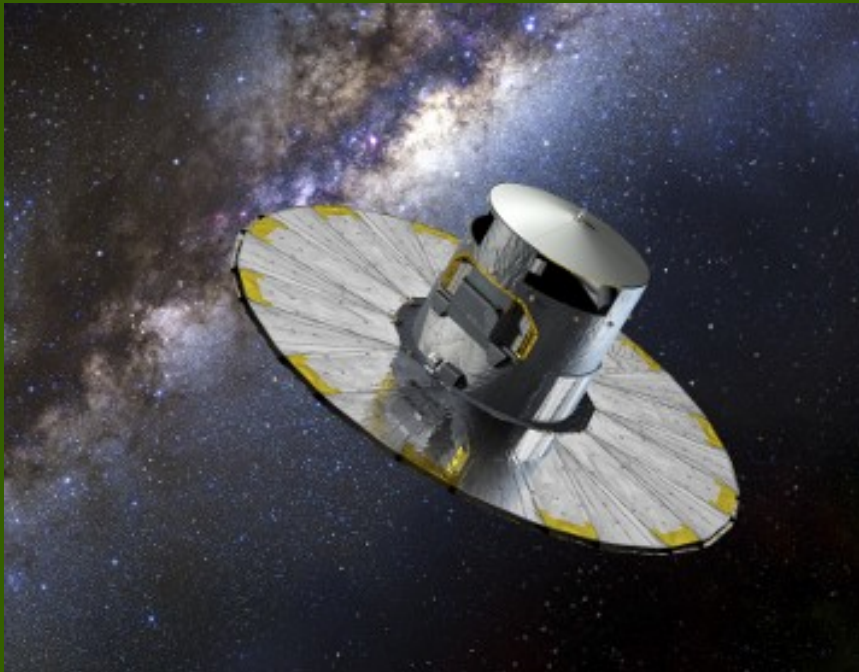
- O satélite *Gaia* (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*), lançado em 2013, foi o sucessor do *Hipparcos*.
- Funcionamento é semelhante: dois telescópios, a um ângulo fixo, para determinar um sistema de referência. Cada objeto deve ser imageado em torno de 70 vezes.





## *Paralaxe no Espaço*

- O satélite *Gaia* (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*), lançado em 2013, foi o sucessor do *Hipparcos*.
- Funcionamento é semelhante: dois telescópios, a um ângulo fixo, para determinar um sistema de referência. Cada objeto deve ser imageado em torno de 70 vezes.
- Deverá catalogar *1 bilhão* de objetos e detectar milhares de planetas extrassolares.



## Paralaxe no Espaço

- O satélite *Gaia* (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*), lançado em 2013, foi o sucessor do *Hipparcos*.
- Funcionamento é semelhante: dois telescópios, a um ângulo fixo, para determinar um sistema de referência. Cada objeto deve ser imageado em torno de 70 vezes.
- Deverá catalogar *1 bilhão* de objetos e detectar milhares de planetas extrassolares.

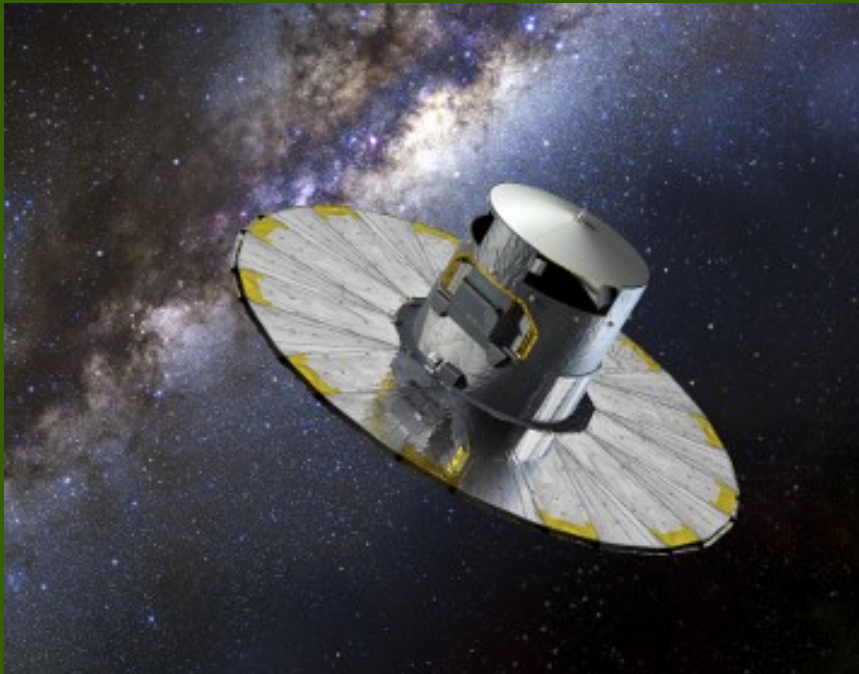


- As medidas permitirão caracterizar luminosidade, temperatura efetiva, gravidade e composição química dos objetos observados.



# Paralaxe no Espaço

- O satélite *Gaia* (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*), lançado em 2013, foi o sucessor do *Hipparcos*.
- Funcionamento é semelhante: dois telescópios, a um ângulo fixo, para determinar um sistema de referência. Cada objeto deve ser imageado em torno de 70 vezes.
- Deverá catalogar *1 bilhão* de objetos e detectar milhares de planetas extrassolares.



- As medidas permitirão caracterizar luminosidade, temperatura efetiva, gravidade e composição química dos objetos observados.
- Esses dados observacionais permitirão lidar com questões importantes ligadas à origem, estrutura e evolução da Galáxia.

# *Questionário*

(para 04/06)

1. Explique o que é paralaxe e qual sua utilidade na Astronomia.
2. Explique como funcionam os métodos de paralaxe geocêntrica, heliocêntrica e espectroscópica.
3. Por que é importante determinar a distância das estrelas?