



Astrofísica Galáctica e Extragaláctica

AGA 299 – IAG/USP

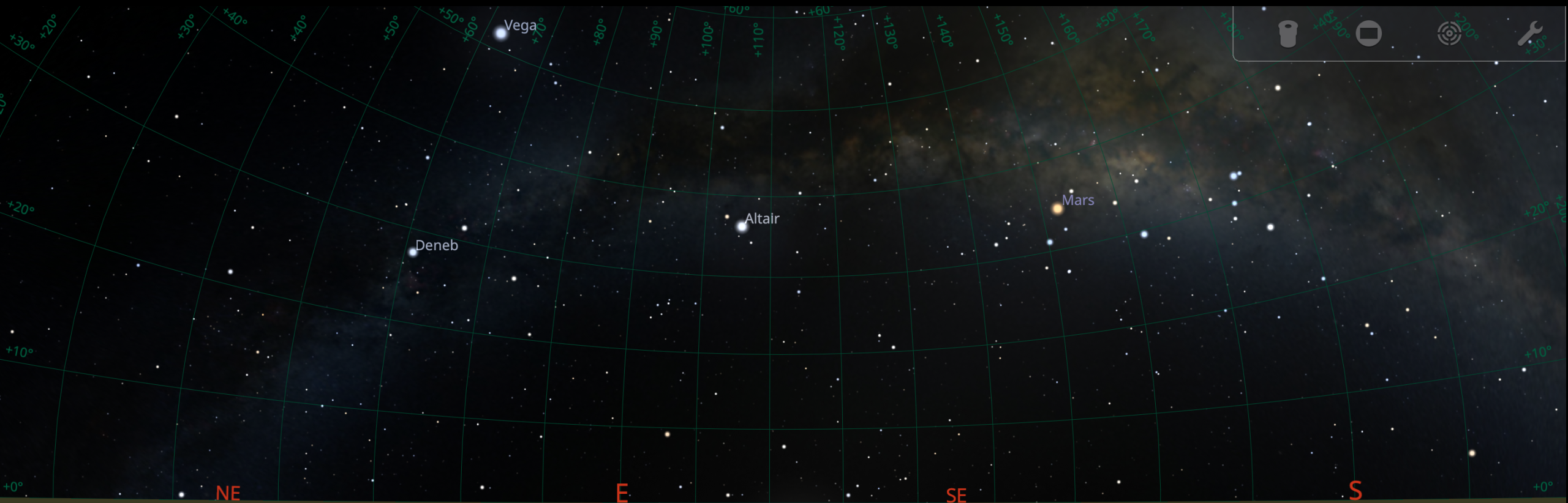
Ronaldo E. de Souza
redsouza48@usp.br
Fevereiro 2025

1

Perspectiva Histórica

**A História se baseia em muitos fatos,
inúmeras contribuições
mas busca
uma única verdade.**





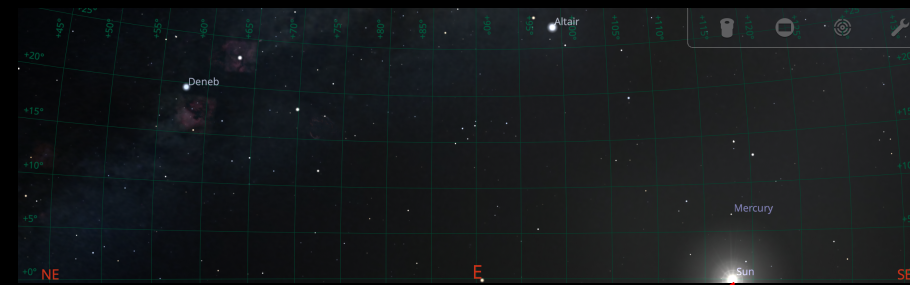
Date and Time

Date and Time				Julian Day				
-1300	-	10	- 1	13	:	50	:	35

Nabta Playa – 7 500 AC 800km ao sul do Cairo

- orientação
- Agricultura
- ano ~ 365 dias
- Via Láctea

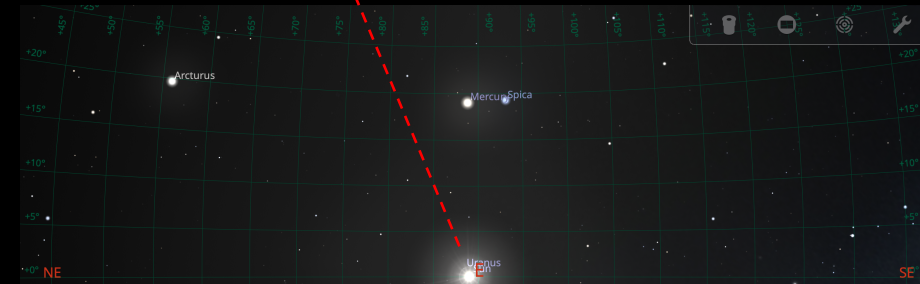
Qual seria a aparência do céu no nascer do Sol para os egípcios no ano de 1300AC?



1 de Janeiro 7H7M
Solstício de Inverno

**Posição do Sol
no amanhecer**

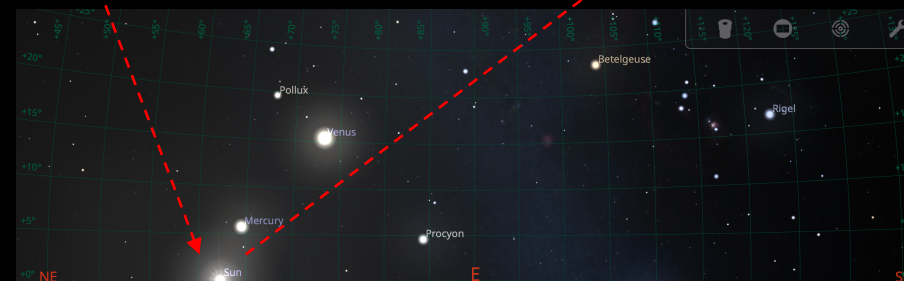
2 de Abril 6H6M
Equinócio de Primavera



Junho: estiagem no Nilo
Colheita



2 de Julho 4H55M
Solstício de Verão



2 de Outubro 5H53M
Equinócio de Outono

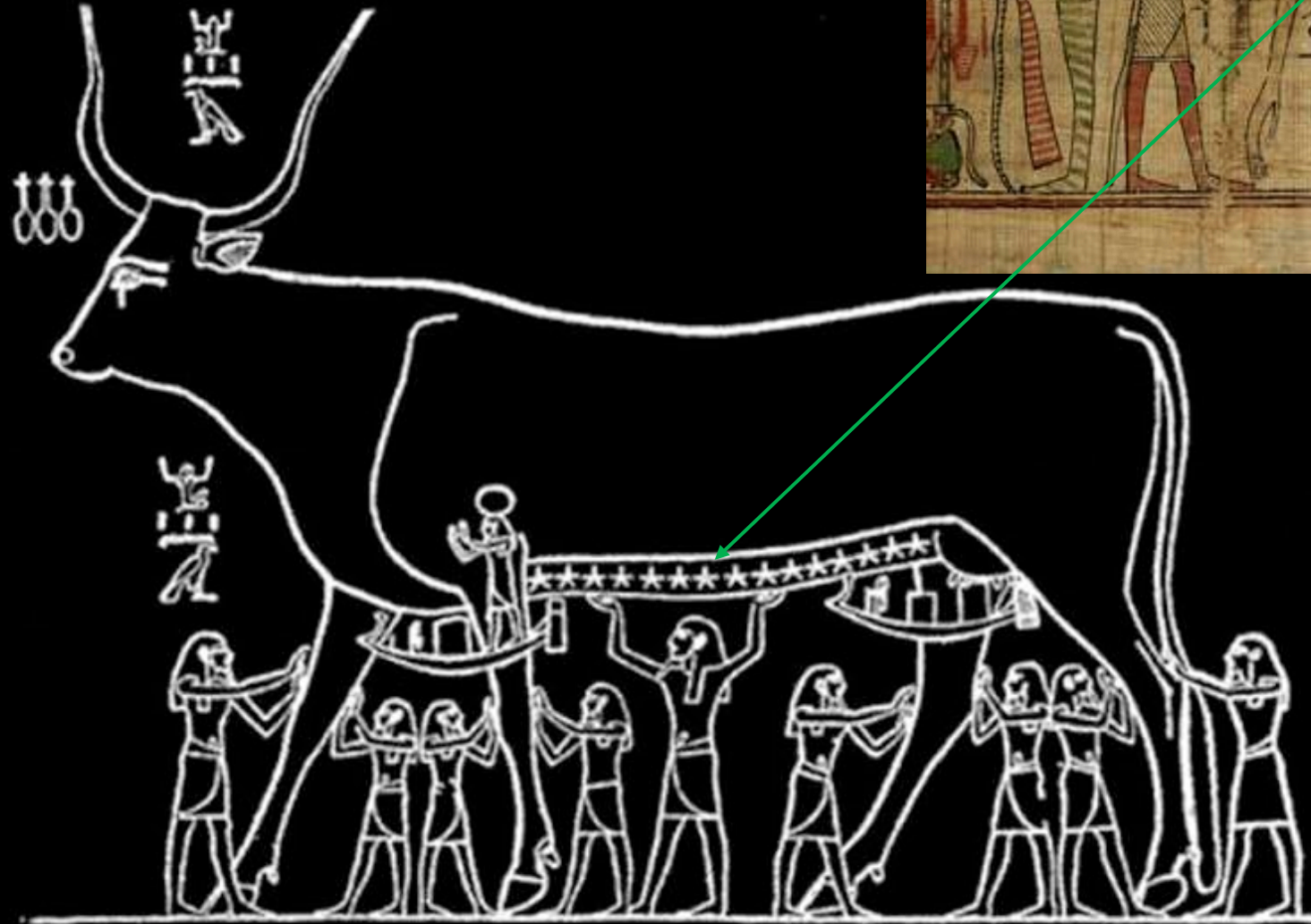
Setembro: chuvas no Nilo
plantio



Nut a deusa egípcia da nutrição

1 300 AC

Institut Français d'Archeologie
Orientale - Cairo

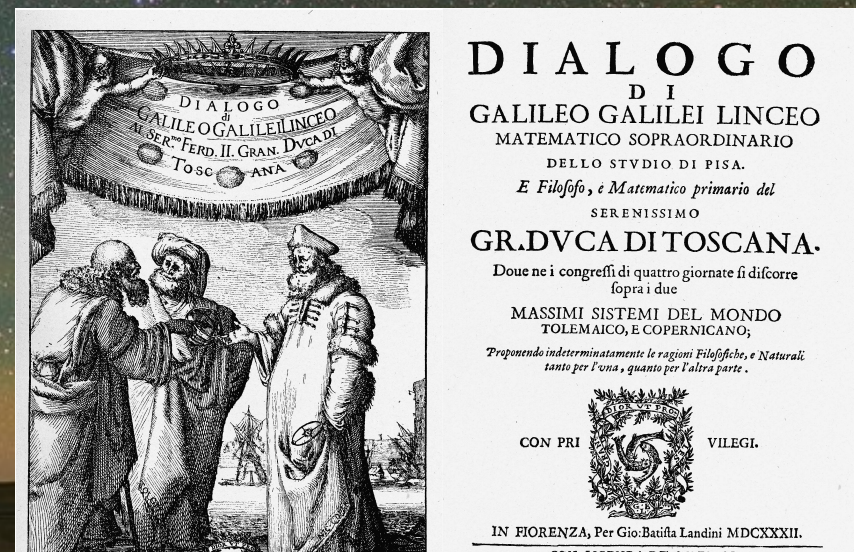
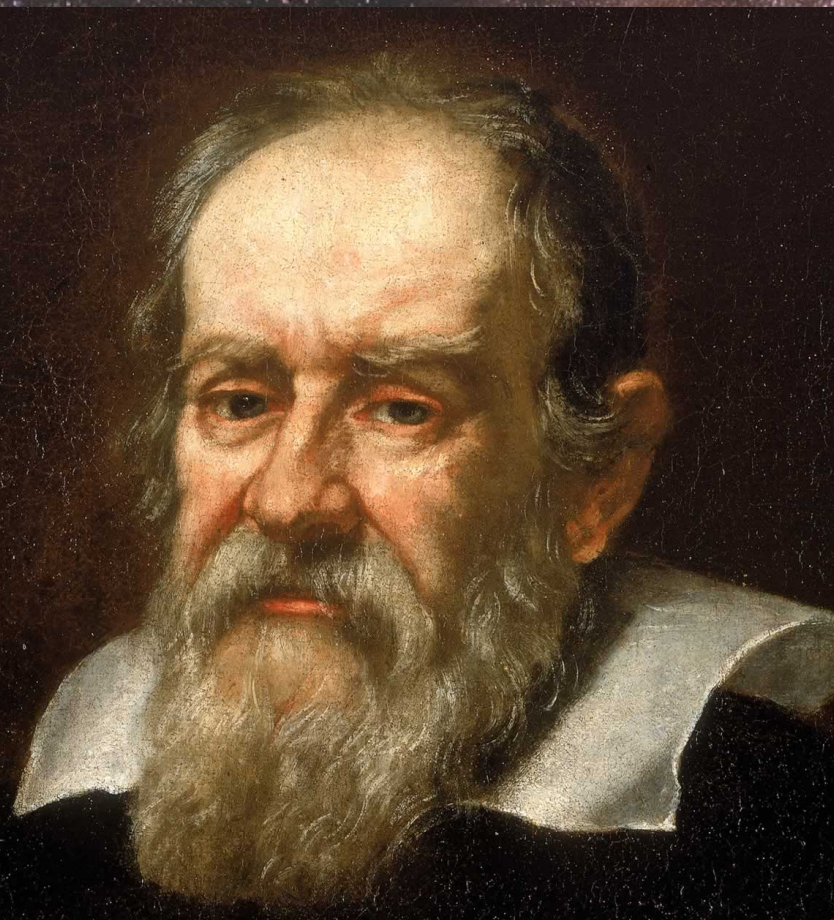


Formação do Sol

Galileu

(1564-1642)

Mostrou que vivemos
em um gigantesco
sistema estelar.

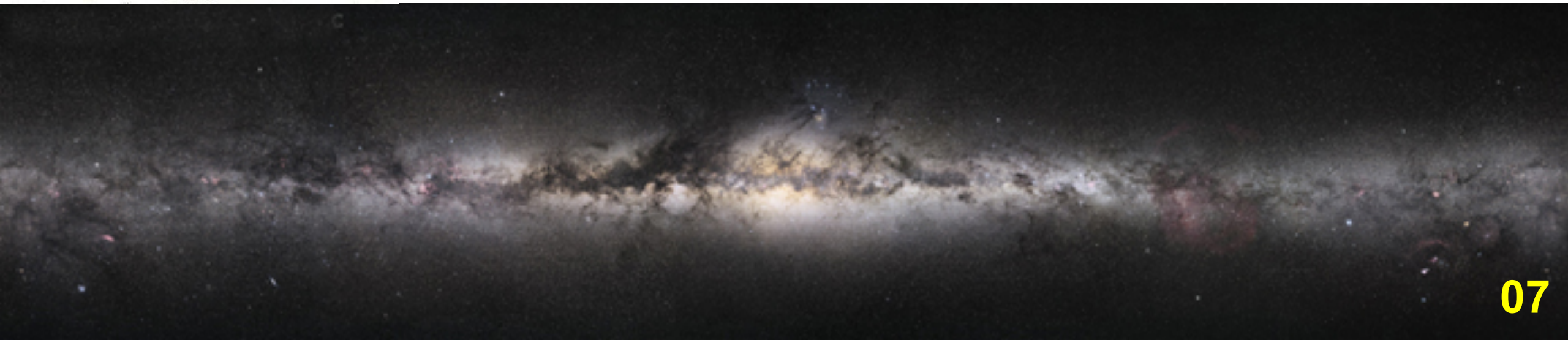
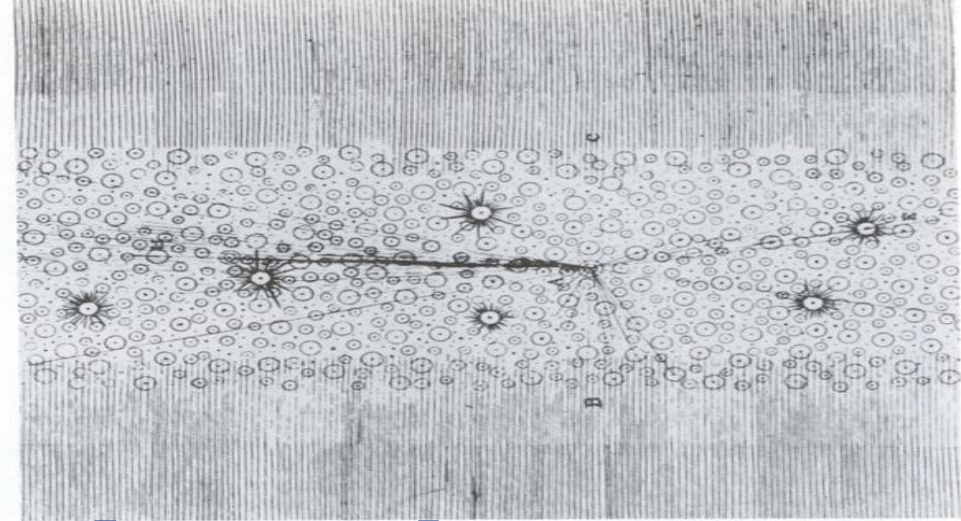




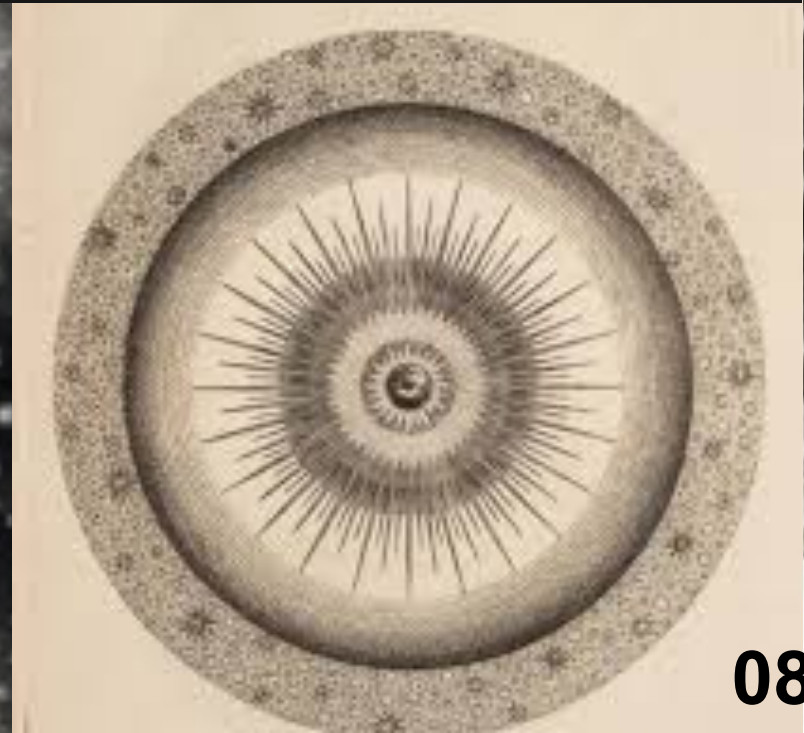
Thomas Wright

(1711-1786)

A Via Láctea é uma
**distribuição achatada de estrelas
cuja luz nos atinge vindo
de diferentes direções e distâncias.**



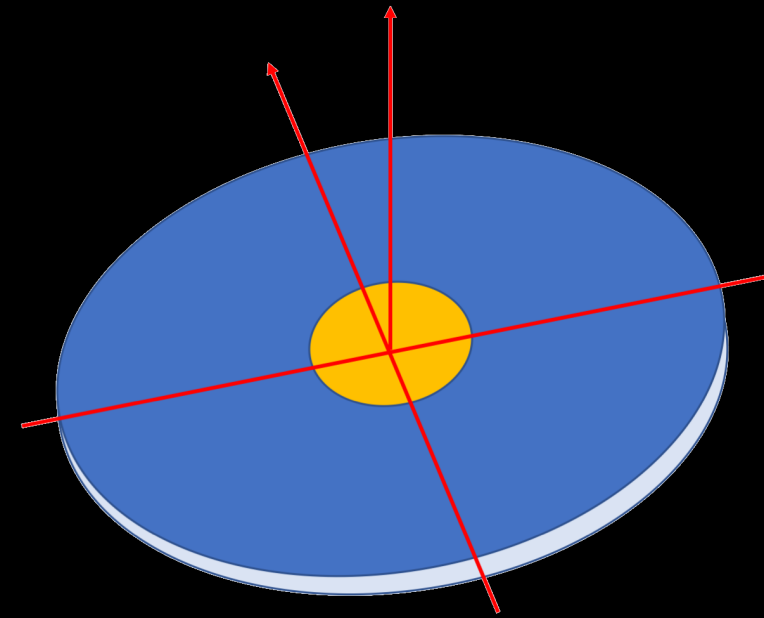
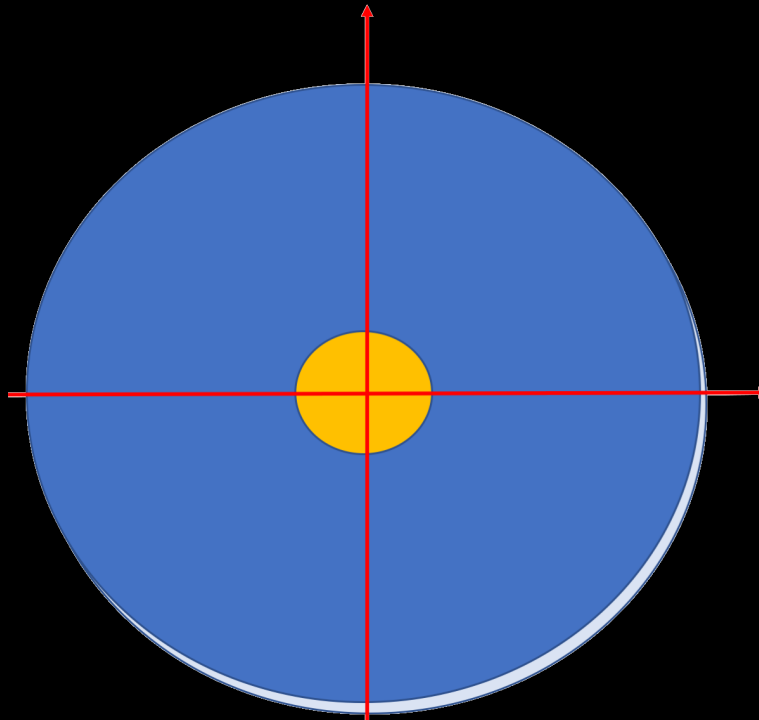
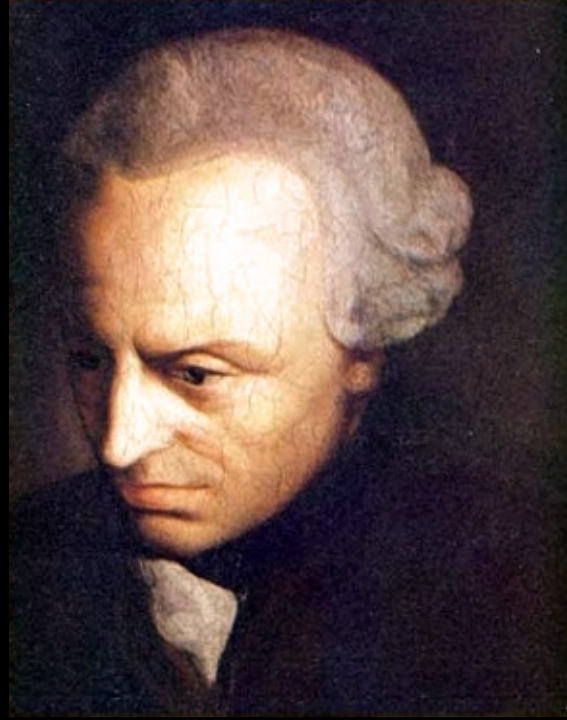
Na concepção de Wright a Via Láctea seria uma entre muitas outras estruturas, que vistas externamente seriam cascas esféricas dotadas de um centro “*supernatural*”.



Immanuel Kant

(1724-1804)

em 1755 entendeu a proposta de Wright como uma estrutura semelhante a um disco de estrelas, hipótese denominada por ele de *universos ilhas* ou *mundos pluraes*.



Inf.

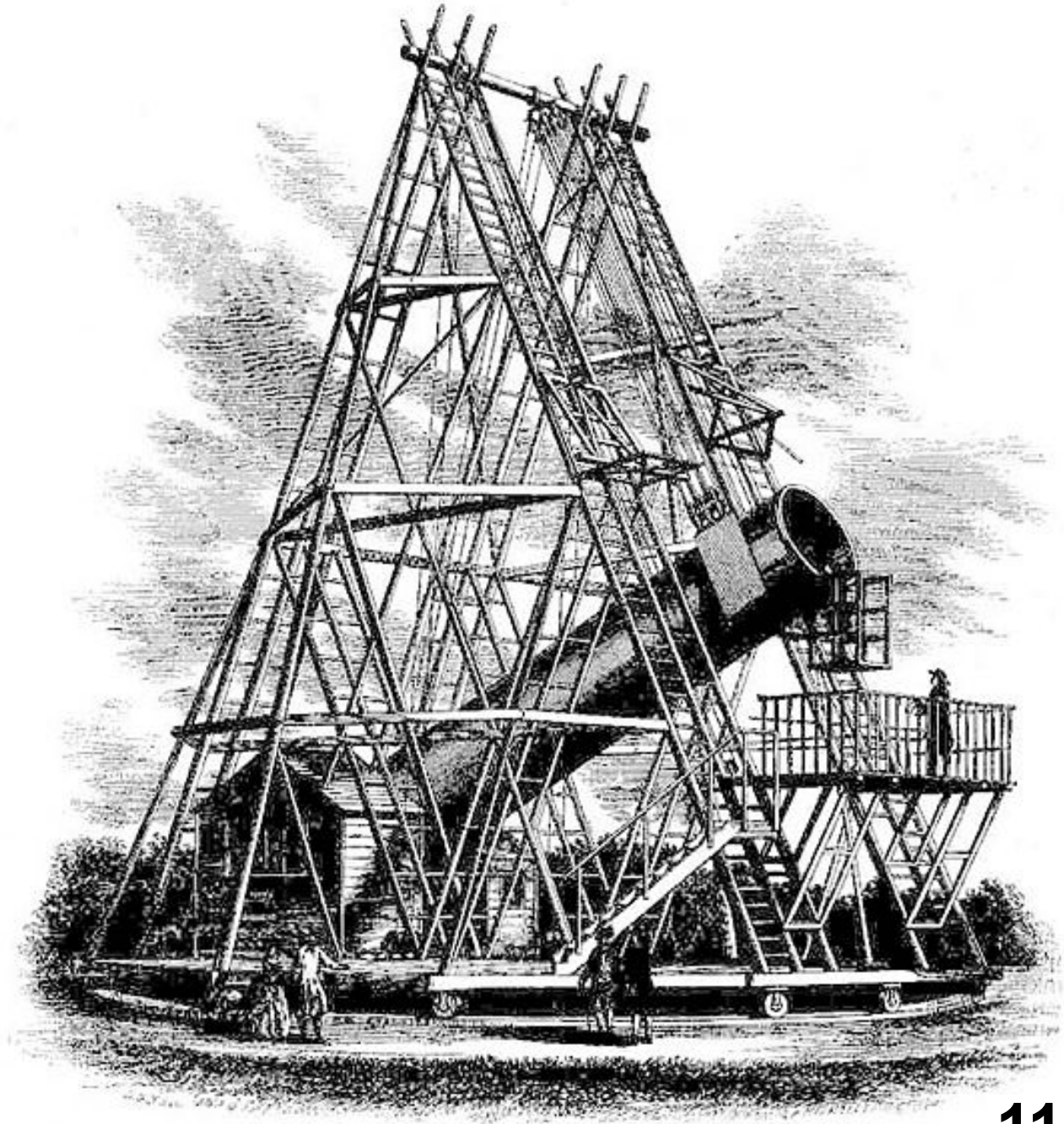
Opt.

**M31, a galáxia de Andrômeda,
vista no óptico e no infravermelho
pelo satélite WISE**

William Herschel

(1738-1822)

o músico, compositor,
astrônomo e
construtor de telescópios!



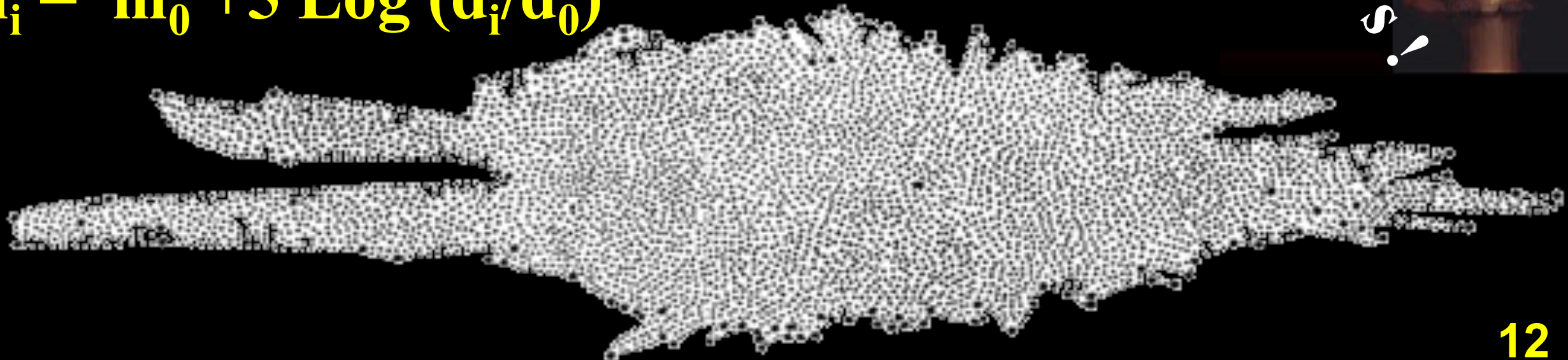
Herschel: as estrelas da Via Láctea são idênticas e

$$m_i = -2,5 \text{ Log } F_i + \text{Cte}$$

e as distâncias seguem a relação

$$m_i = m_0 + 5 \text{ Log } (d_i/d_0)$$

Distâncias!



Fotometria de uma vela padrão

$$F_{\text{obs}}(d) = F_0 (10/d)^2$$

$$m_{\text{ap}} = -2,5 \text{ Log } F_{\text{obs}}(d) + \text{Cte}$$

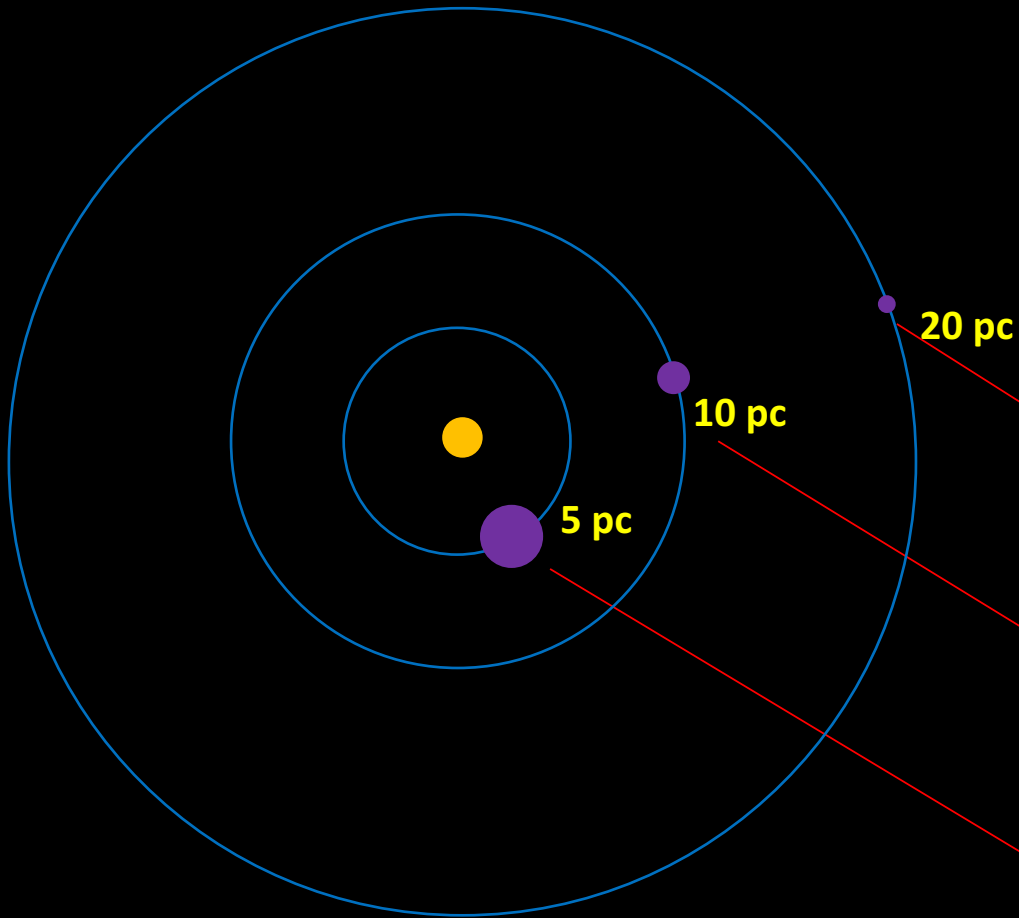
$$M_{\text{abs}} = -2,5 \text{ Log } F_0 + \text{Cte}$$

$$m_{\text{ap}} = M_{\text{abs}} + 5 \text{ Log } d - 5$$

$$d=20 \text{ pc} \rightarrow m_{\text{ap}} = M_{\text{abs}} + 1,505$$

$$d=10 \text{ pc} \rightarrow m_{\text{ap}} = M_{\text{abs}}$$

$$d= 5 \text{ pc} \rightarrow m_{\text{ap}} = M_{\text{abs}} - 1,505$$

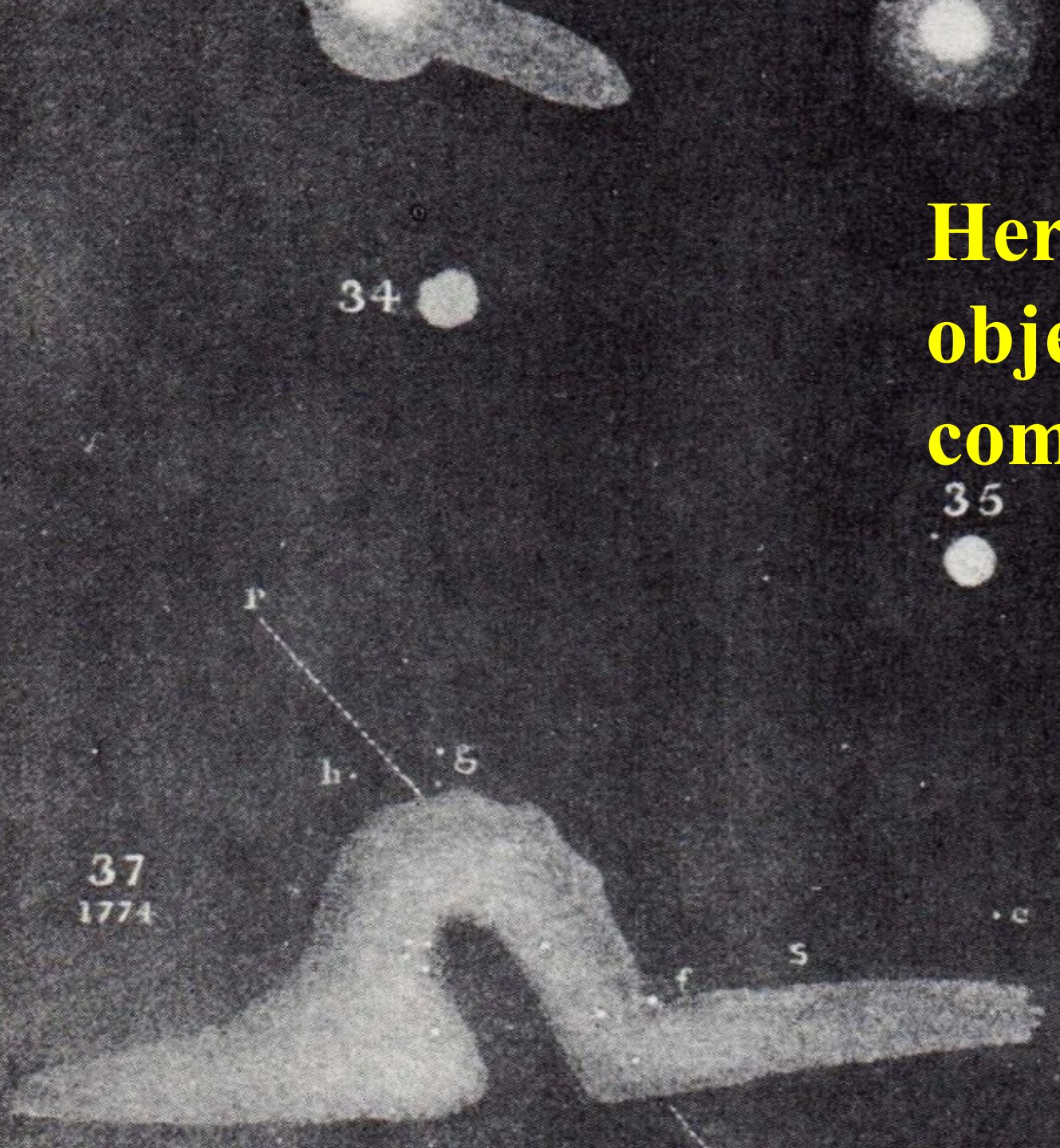




Charles Messier
(1730-1817)

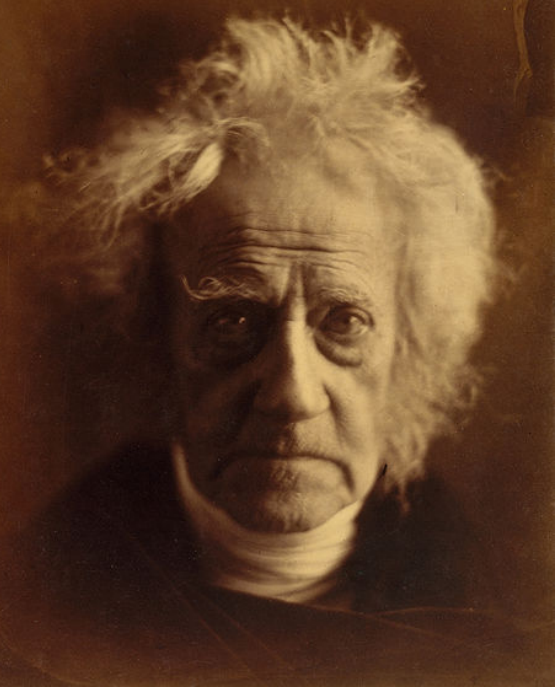
**Eu gosto mesmo é dos cometas!
Por favor não me atormentem
com estas nebulosas!**

**Herschel fez desenhos dos
objetos da lista de Messier
como a da nebulosa de Orion.**



Herschel acreditava que as formas das nebulosas poderiam ser classificadas como as flores de um jardim.



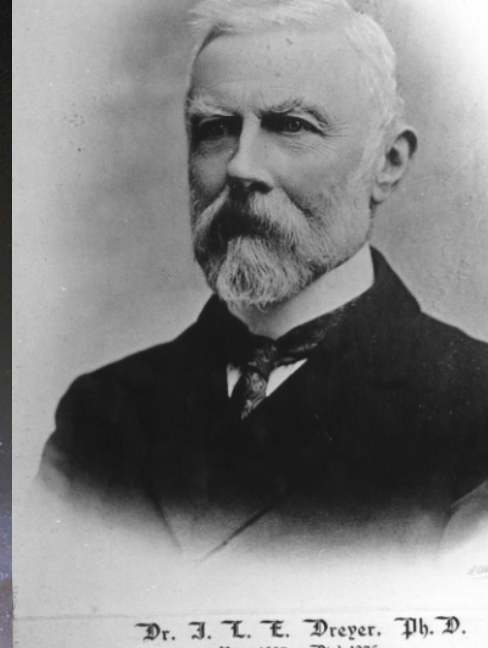


John Herschel
(1792-1871)



IC 883

John Dreyer
(1852-1926)



NGC 2608

**O New General Catalog (NGC) com 7840 galáxias
e o Index Catalog (IC) com 5387 objetos.**

LMC

SMC

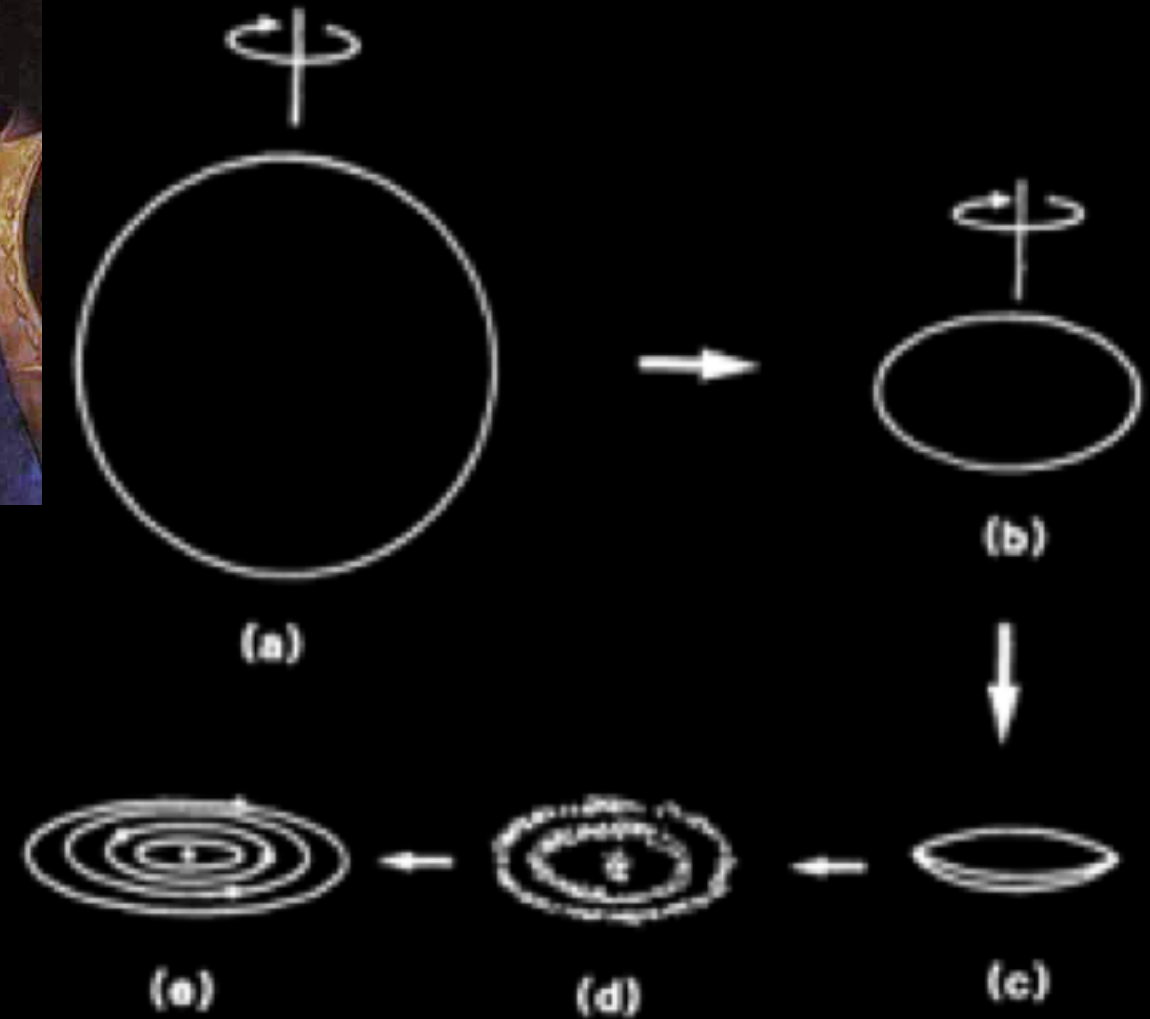
← Sagittarius

Após a morte do pai seu filho, John Herschel, levou o telescópio de 20" para a cidade do Cabo onde observou as nuvens de Magalhães e o centro galáctico.

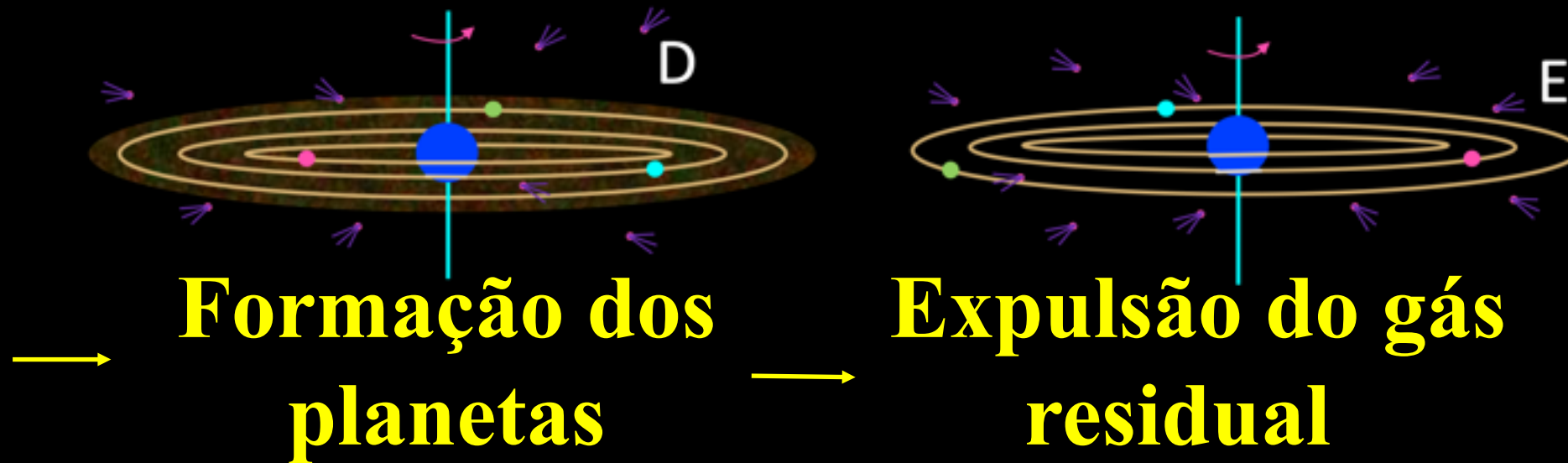
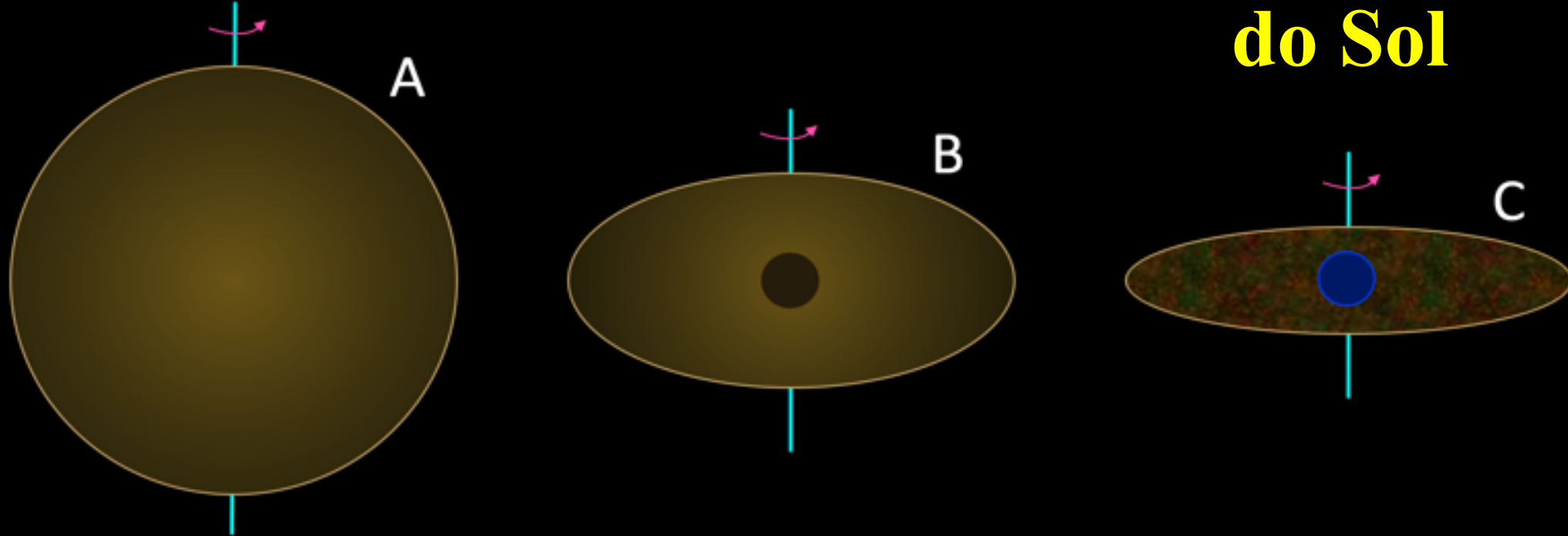
Pierre Laplace

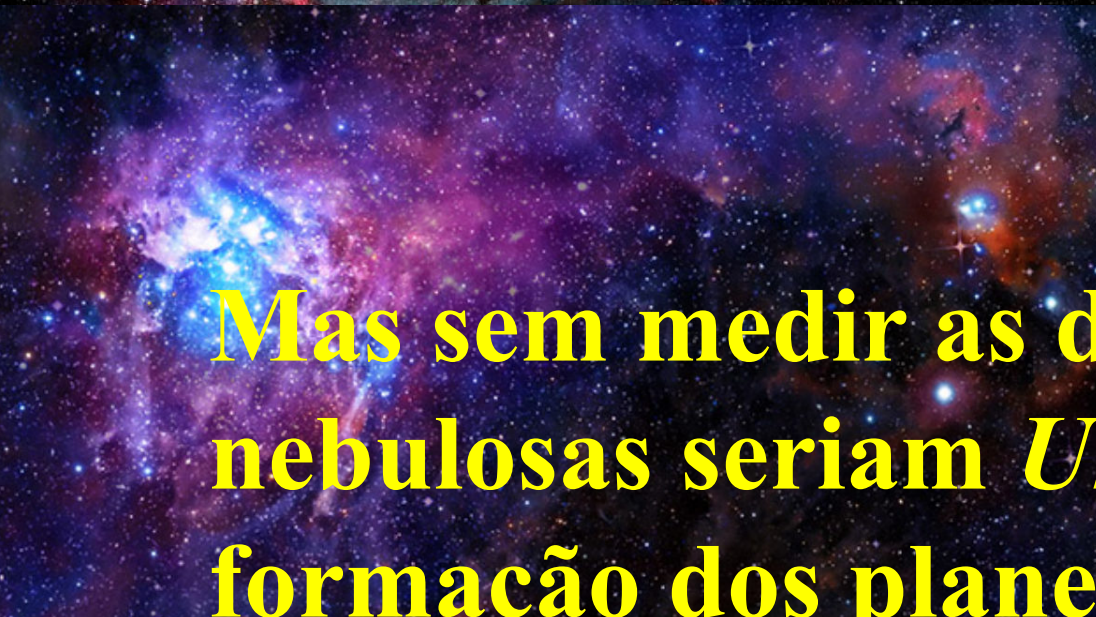
(1749-1827)

Em uma publicação das mais influentes, *O Sistema do Mundo*, discutiu a criação dos planetas



**Contração → Achatamento → Formação
do Sol**





Mas sem medir as distâncias como saber se as nebulosas seriam *Universos Ilhas* ou fases da formação dos planetas?



William Parson, Lorde Rosse

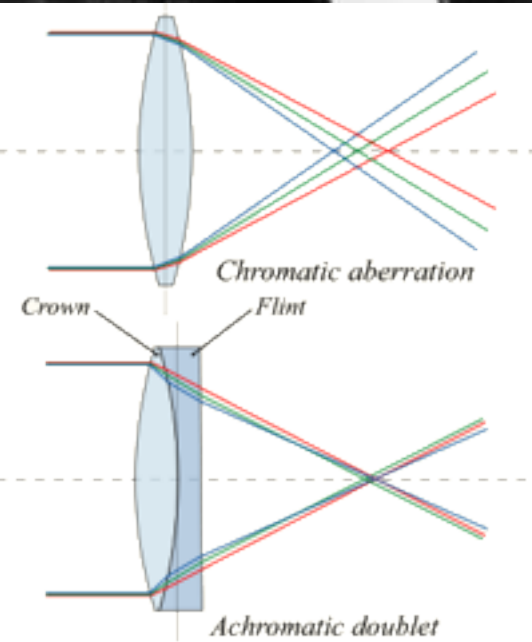
(1800-1867)

e o Leviată de Parsonstown!



**Lorde Rosse gastou cerca
de 1 milhão de US\$
para observar esta galáxia!**





Joseph Fraunhofer

(1787-1826)

**desenvolveu a objetiva acromática
e o espectrógrafo.**

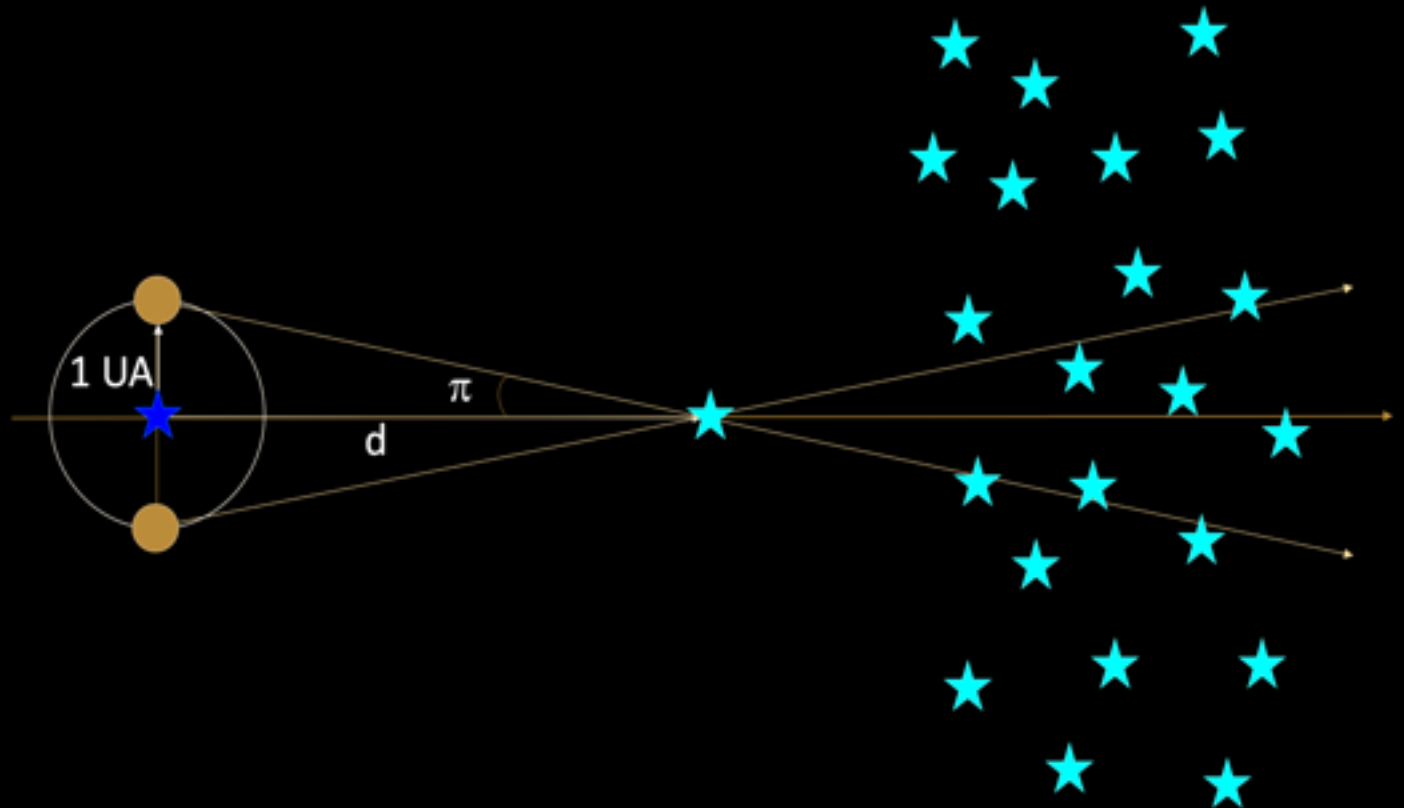


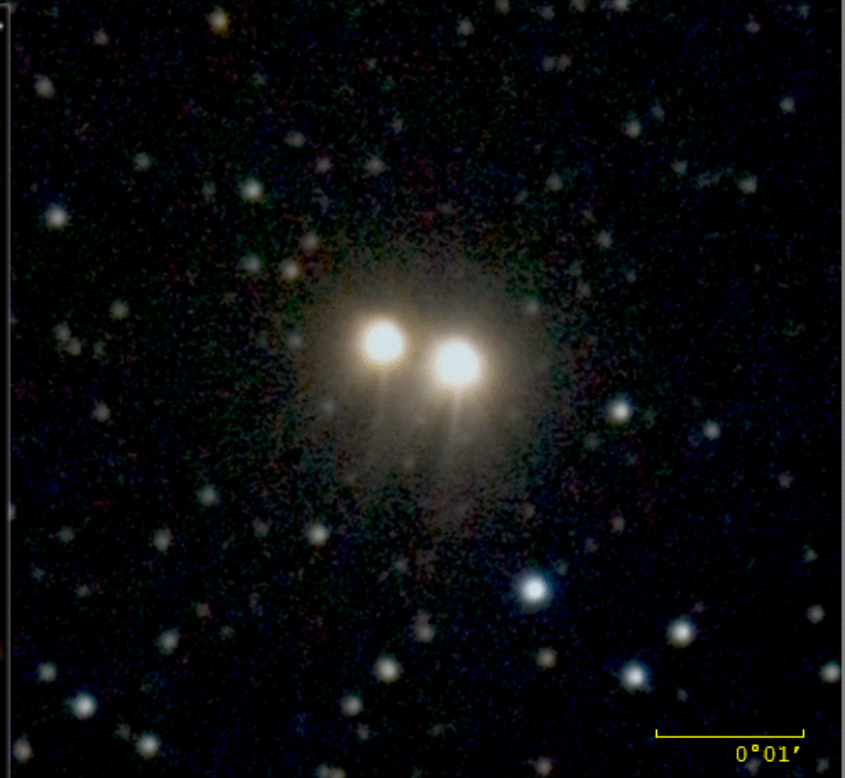
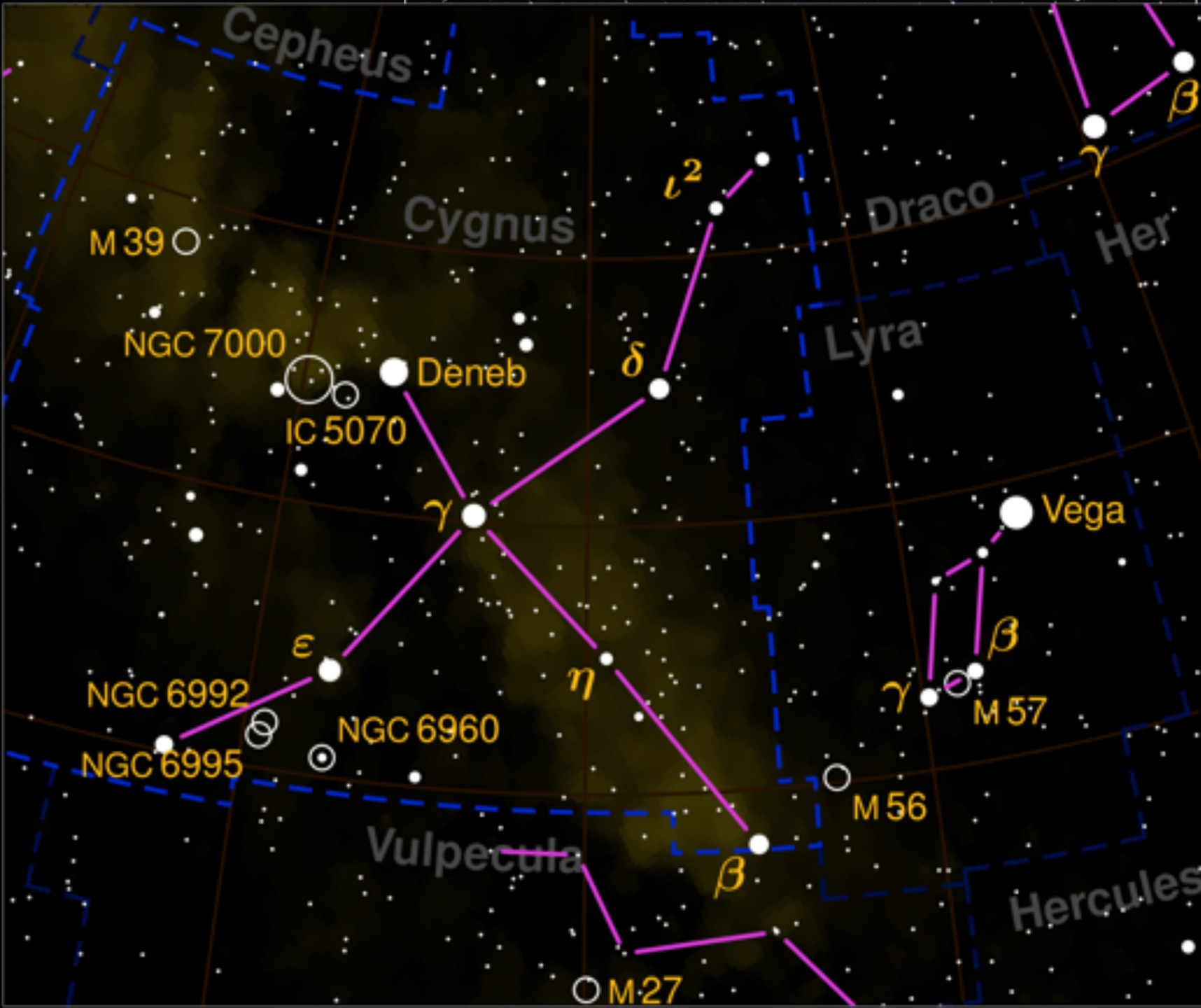
Friedrich W. Bessel

(1784-1846)

Detecção da paralaxe estelar

$$d = UA / \pi(\text{rad}) = \text{pc} / \pi('')$$



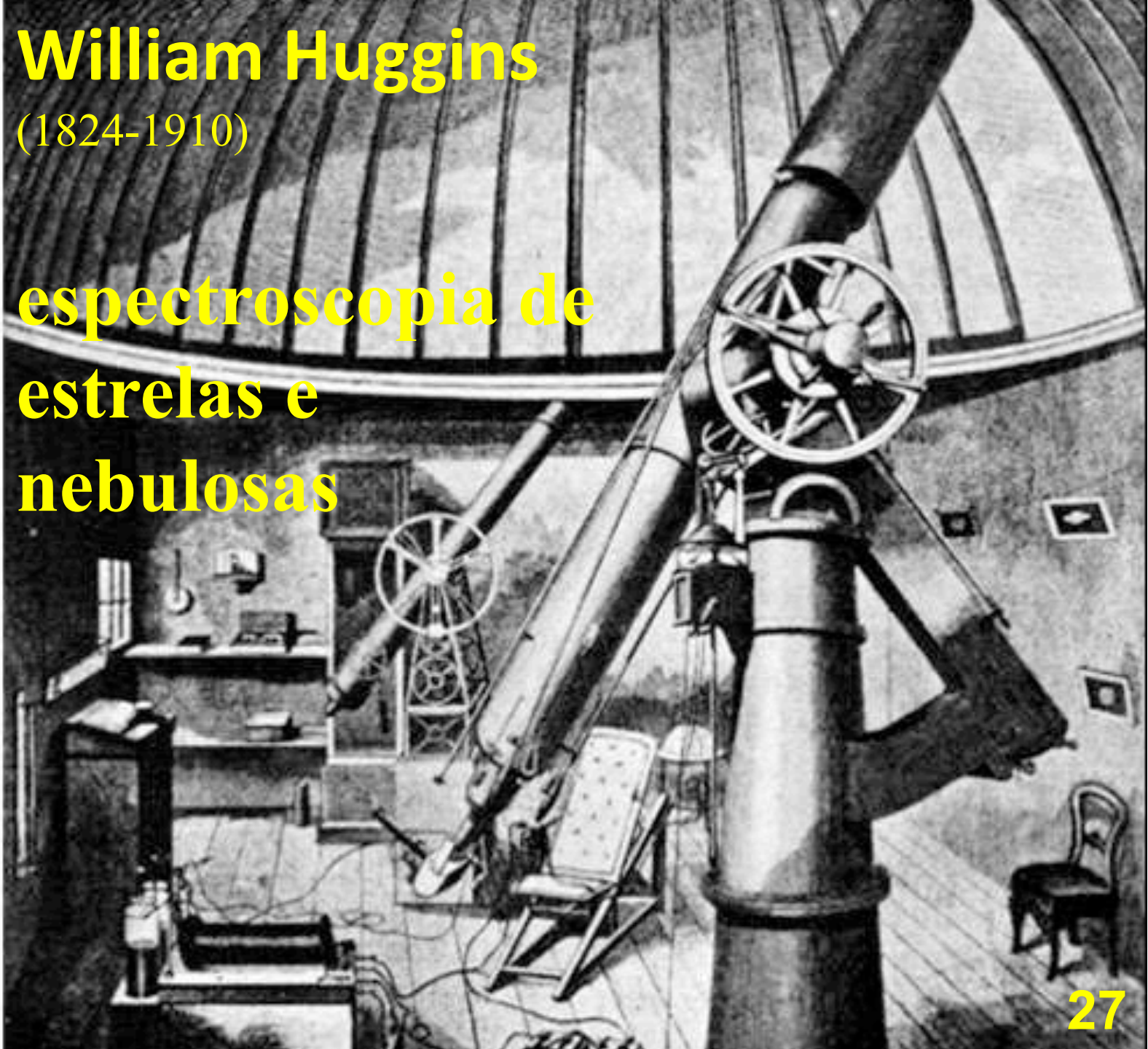


Cygnus 61
 $\pi=0,2872''$
ou
d=700 000 UA!

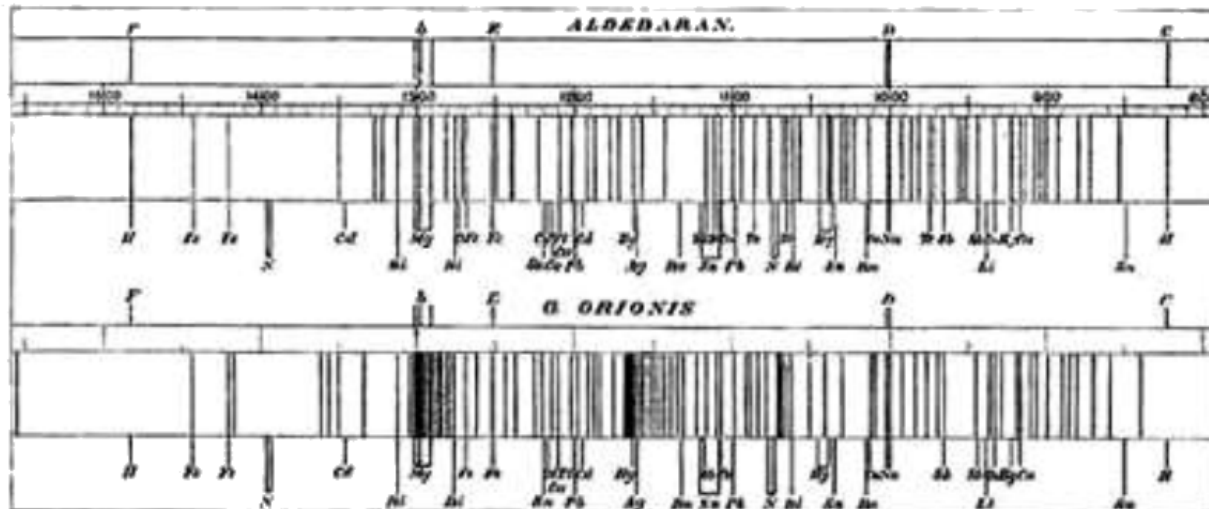
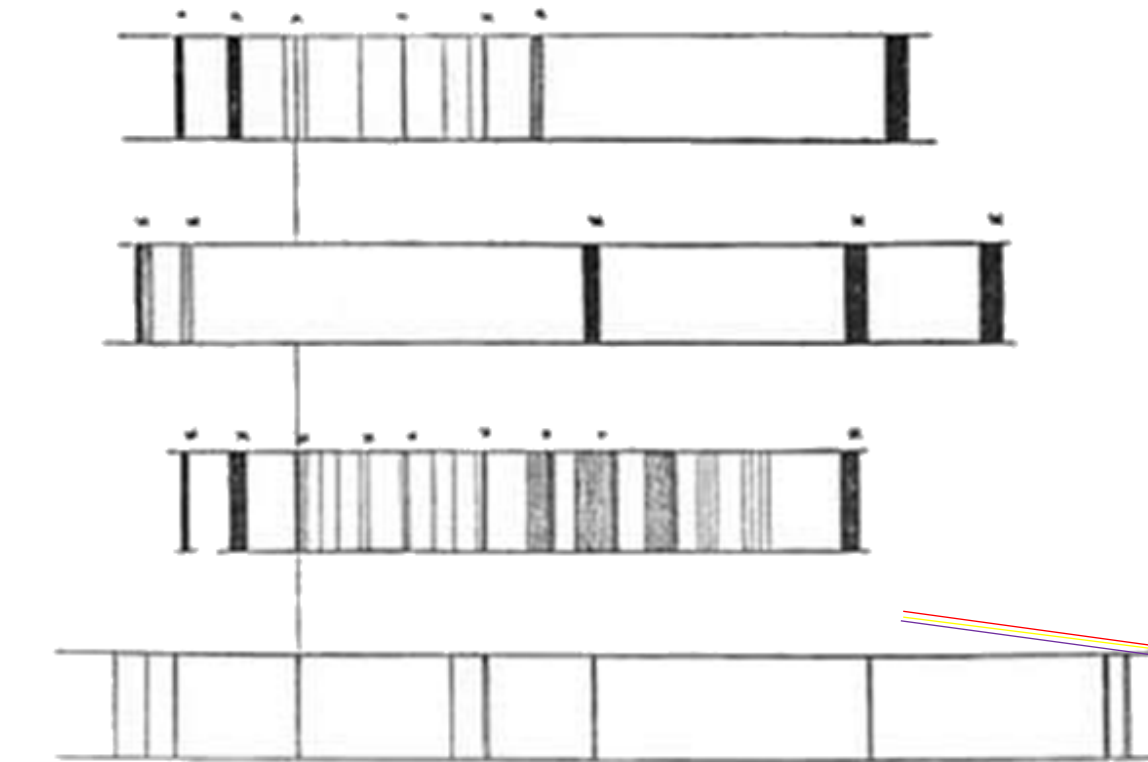


William Huggins
(1824-1910)

**espectroscopia de
estrelas e
nebulosas**



A classificação espectroscópica de estrelas



Comparação

Colimador

Foco

Câmera

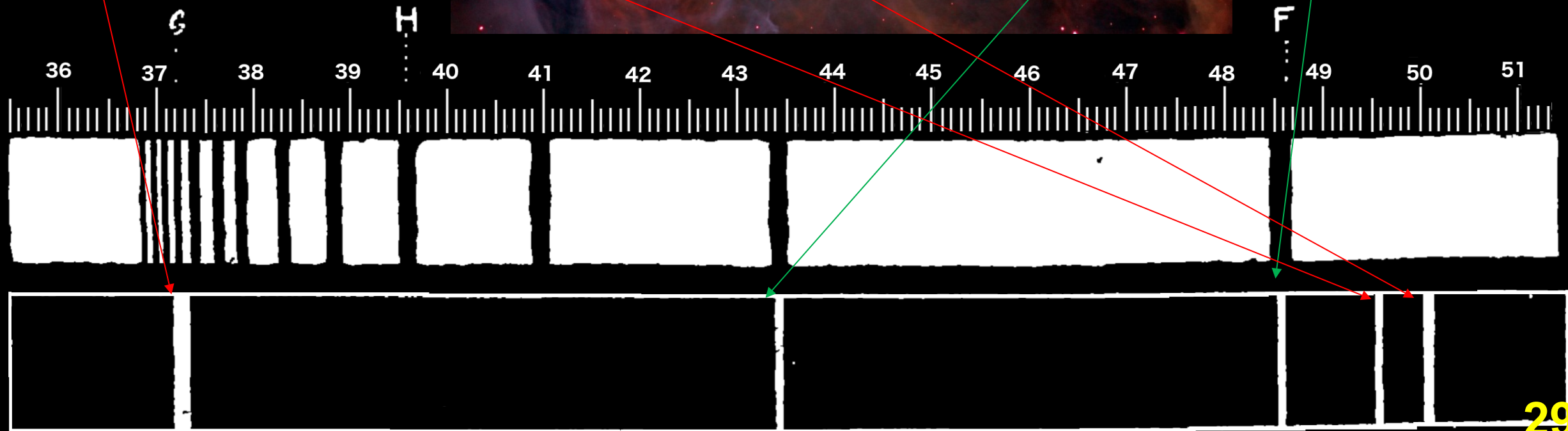
$\lambda\lambda 5007$ [OIII]

$\lambda\lambda 4959$ [OIII]

$\lambda\lambda 3726$ [OII]

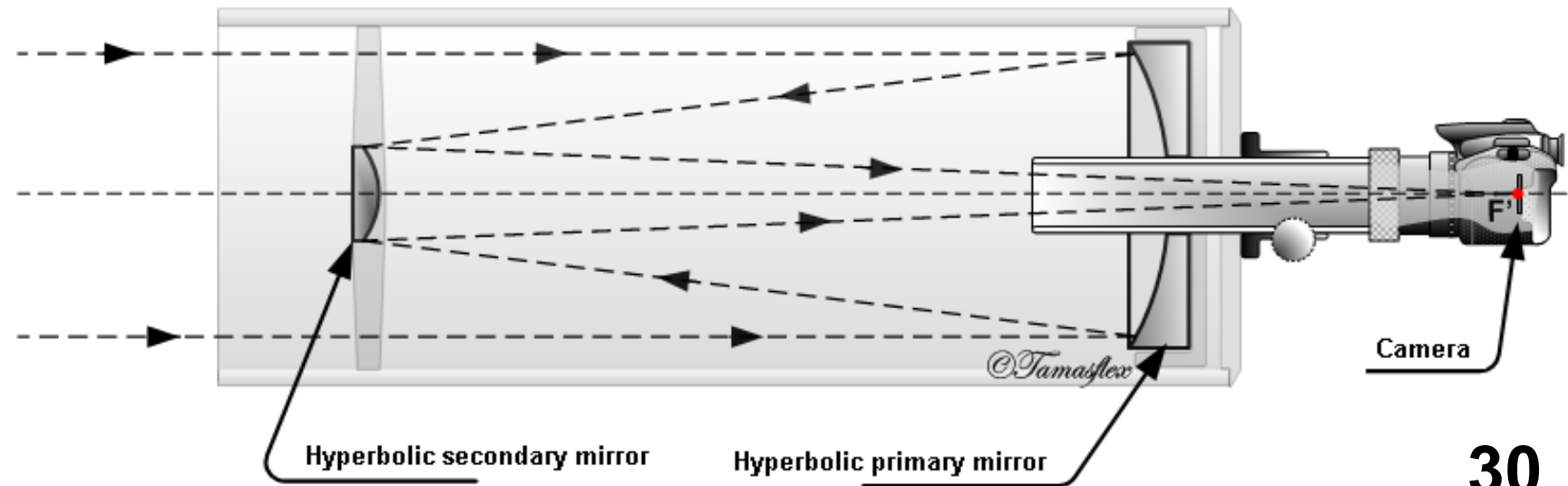
$\lambda\lambda 4340$ H γ

$\lambda\lambda 4861$ H β





O século XX e os telescópios Ritchey-Crétien





Henrietta Swan Leavitt

(1868-1921)

e as estrelas Cefeídas da LMC.

As Cefeídas seguem uma relação entre o período (P) e a luminosidade (L) a qual determina o fluxo observado ($F=L/4\pi d^2$) e portanto a magnitude ($m=-2.5 \log F+Cte$).

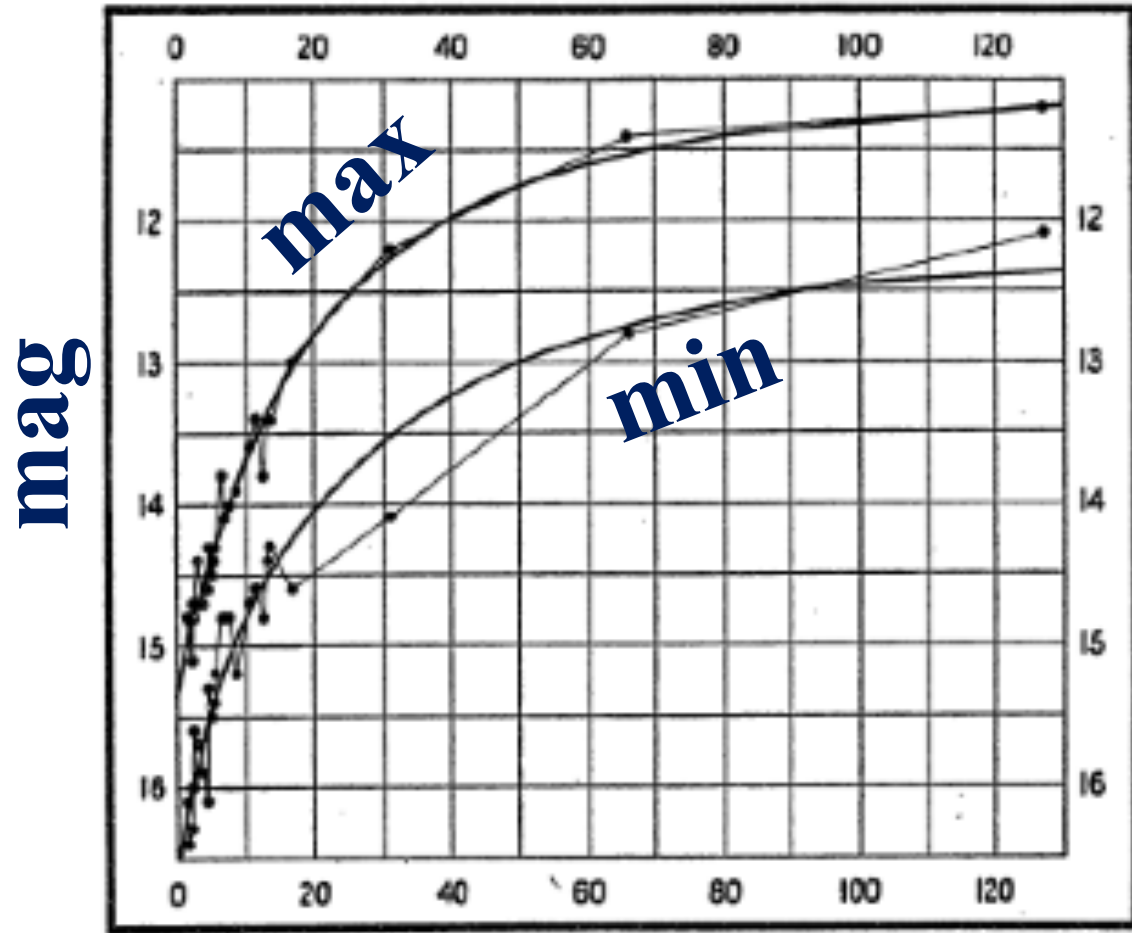


FIG. 1.

P

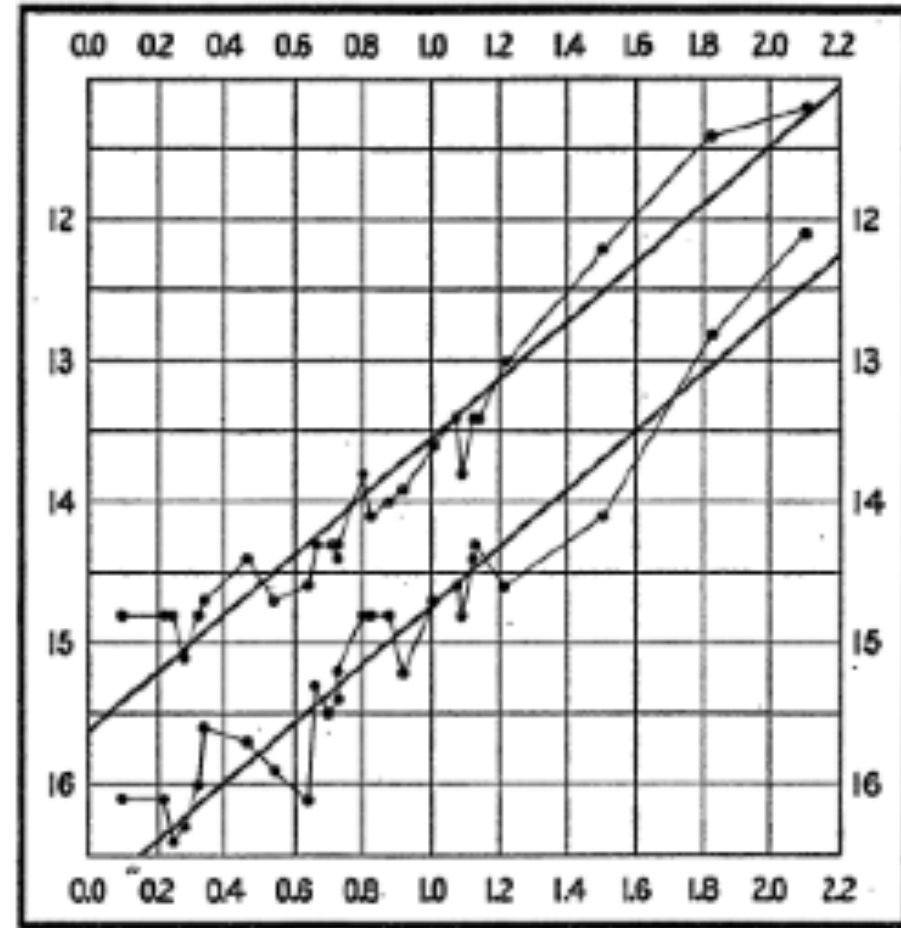


FIG. 2.

log P

Ejnar Hertzsprung

(1873-1967)

estimou o ponto zero da relação PL

$M = M_0 - 2,289 \log P$, sendo $M_0 = -0,936$ (B)

$m - M = -5 + 5 \log d$

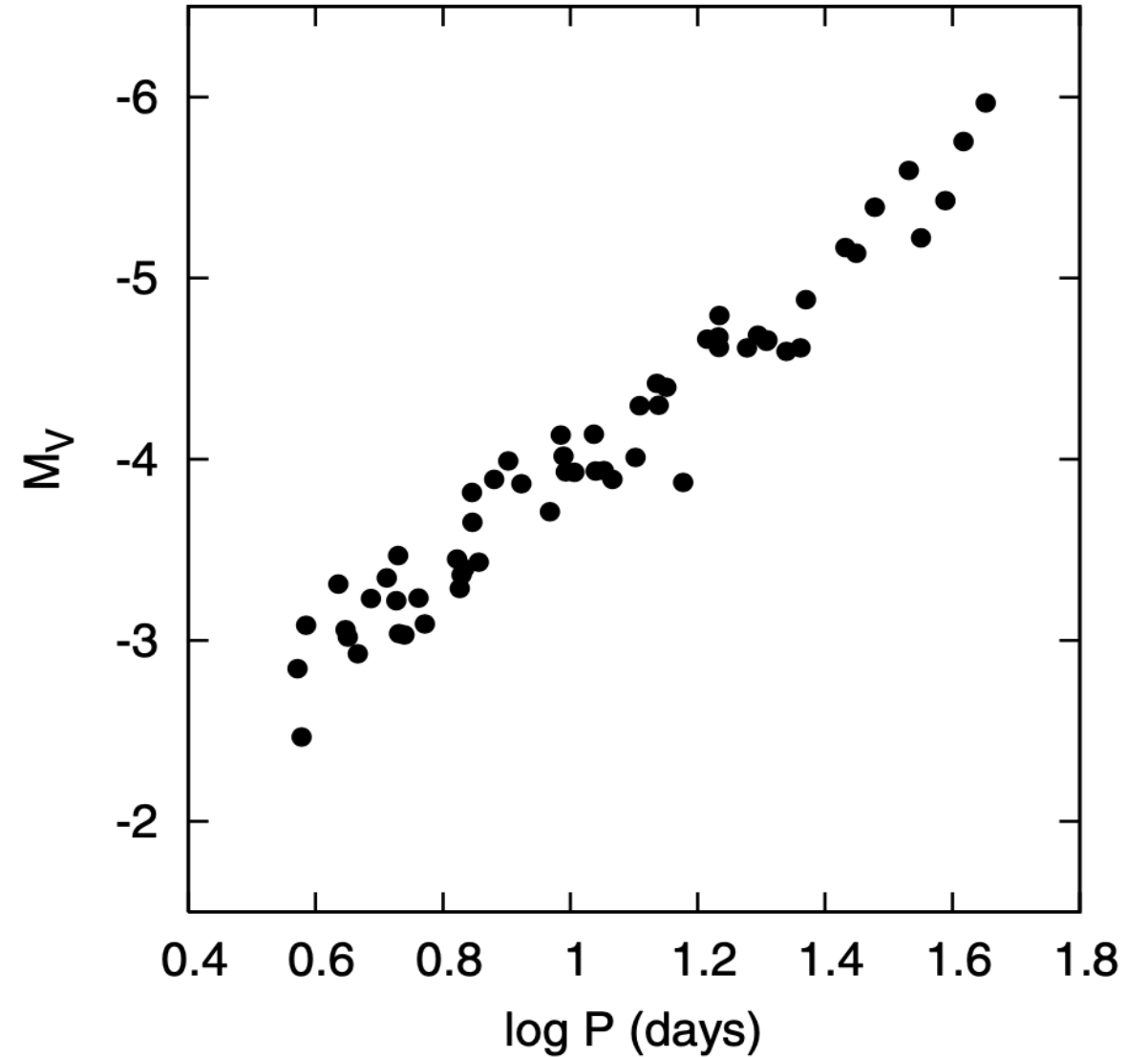
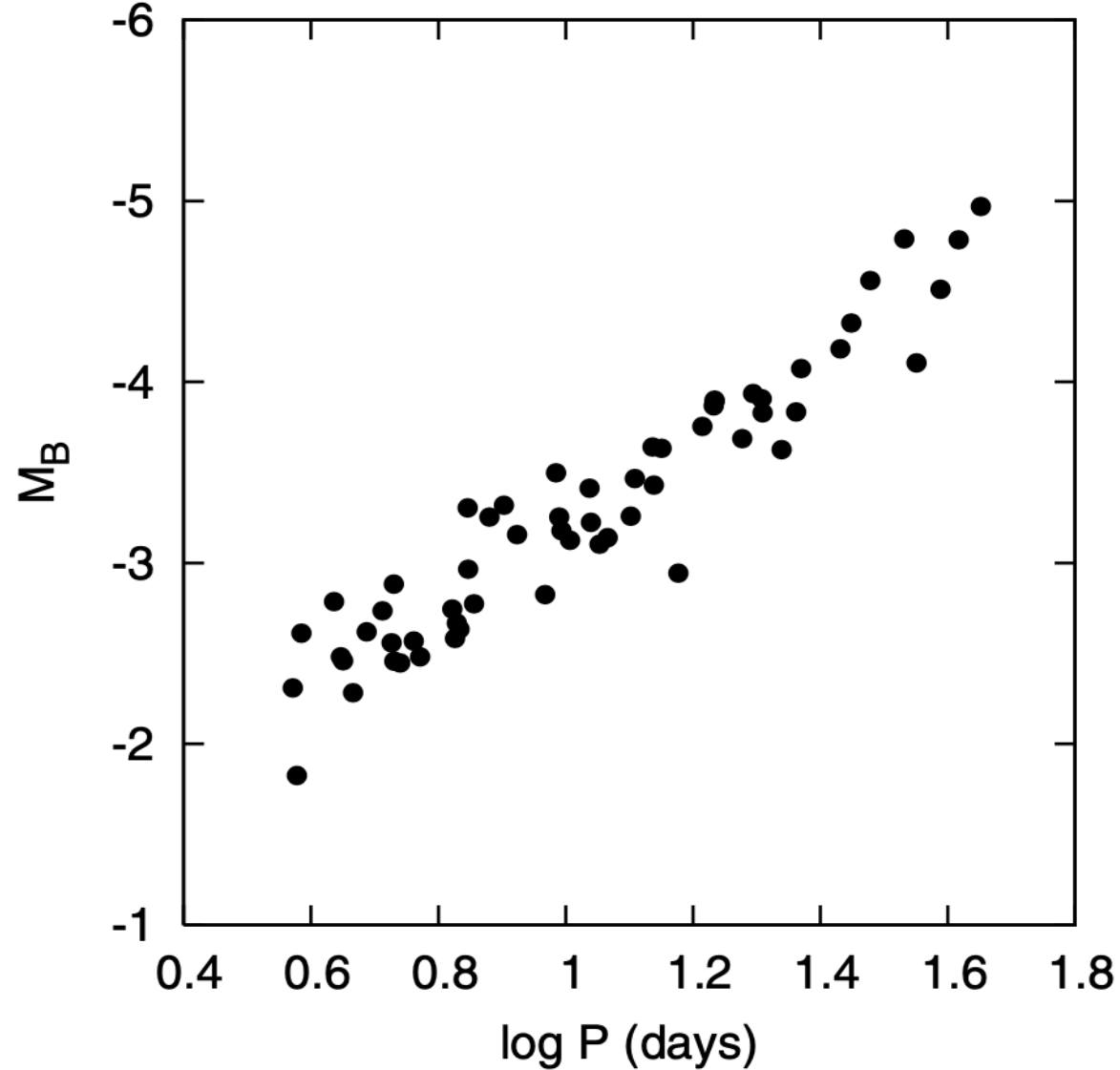


Uma estrela cefeída em M31 tem $P=30$ d e $B=20$ mag.
Qual deve ser a distância de Andrômeda?

$M_B \sim -0,936 - 2,289 \log P \sim -4,32$ mag

$d \sim 730$ Kpc

$$M_B = -0,936 - 2,289 \text{ Log } P$$

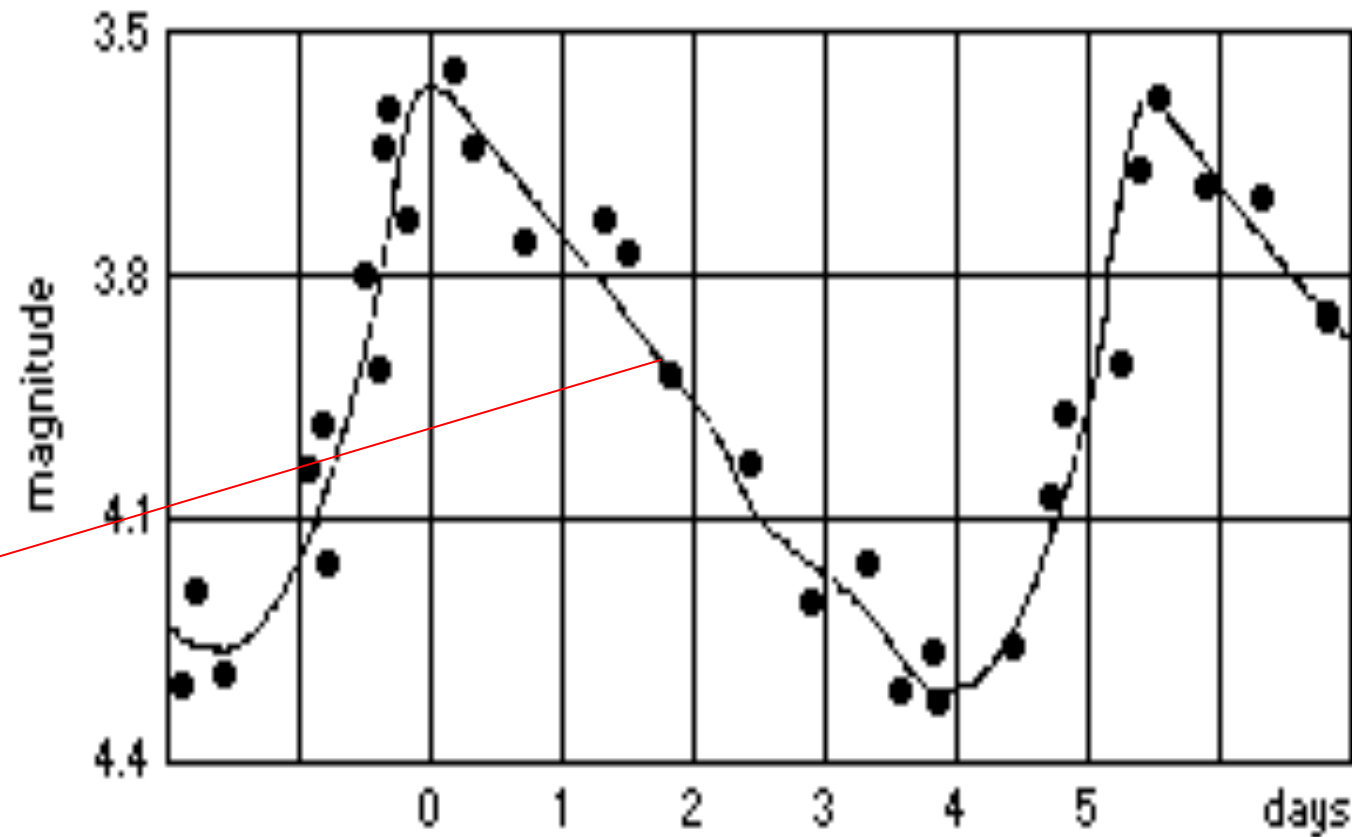
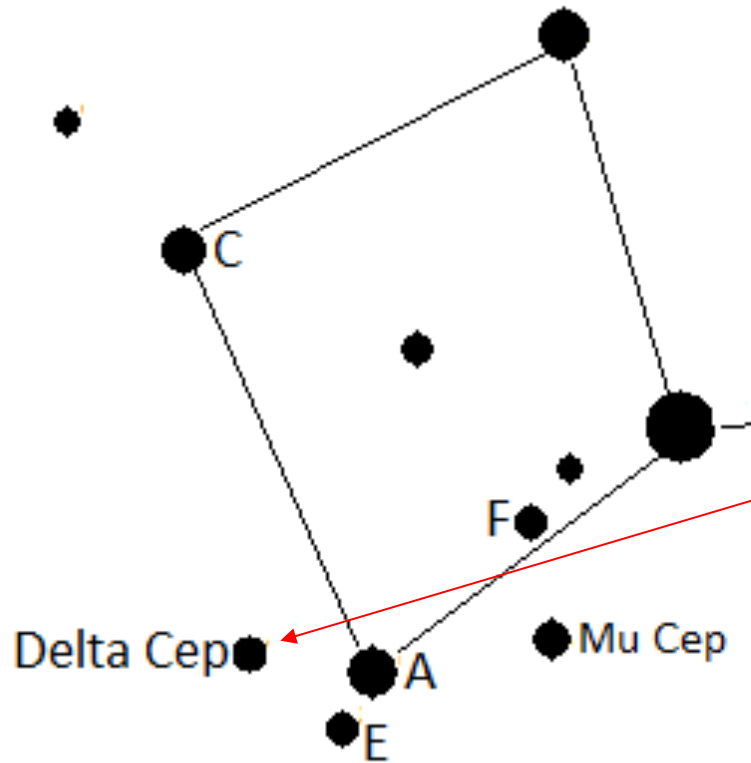


$$M_V = -1,275 - 2,678 \text{ Log } P$$

Delta Cephei 3.4 - 4.3 Cepheid Period = 5.366d

RA 22h29.2m Dec +58 25

Beta Cas



A = 3.35

B = 3.43

C = 3.53

D = 3.77

E = 4.19

F = 4.29

G = 4.44

Qual seria a
magnitude absoluta
de δ Cephei?

Vesto Slipher

(1875-1969)

as galáxias próximas se afastam de nós com velocidades de 300 - 1100 km/s e portanto não podem estar ligadas ao potencial gravitacional da Via Láctea já que as nossas estrelas têm uma velocidade que não ultrapassa cerca de 200 km/s.



Harlow Shapley

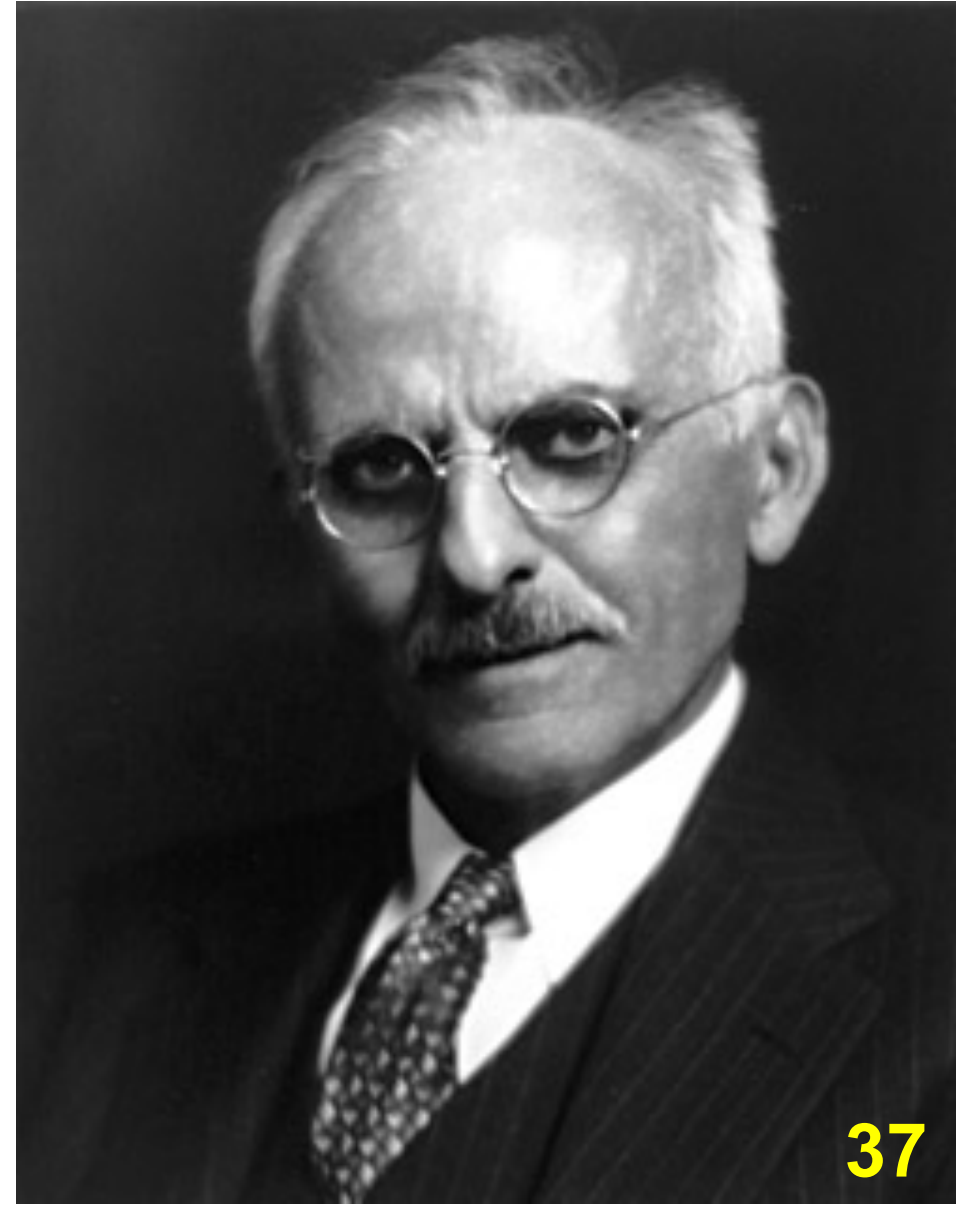
(1885-1972)



**O grande
debate**

Heber Curtis

(1872-1942)



Herber Curtis:

**a via Láctea teria um diâmetro da ordem de 20-30 Kpc e
como**

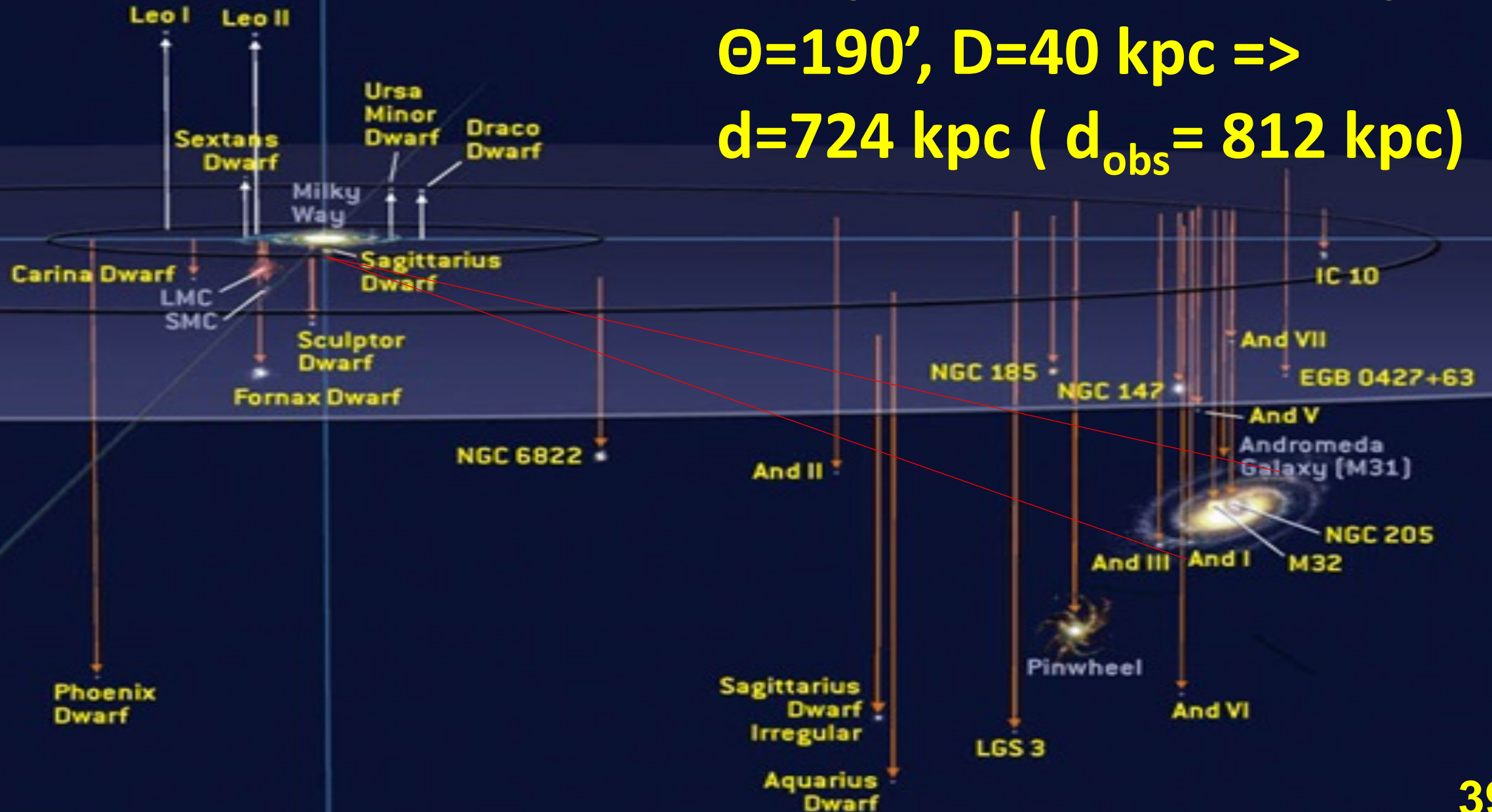
$\theta = D/d \text{ rad} = 3437,75 D/d \text{ minutos de arco}$

**um Universo Ilha com de 10' de diâmetro
estaria a $d=7-10 \text{ Mpc}$!**

$$\theta = D/d \text{ rad} = 3437,75 D/d'$$

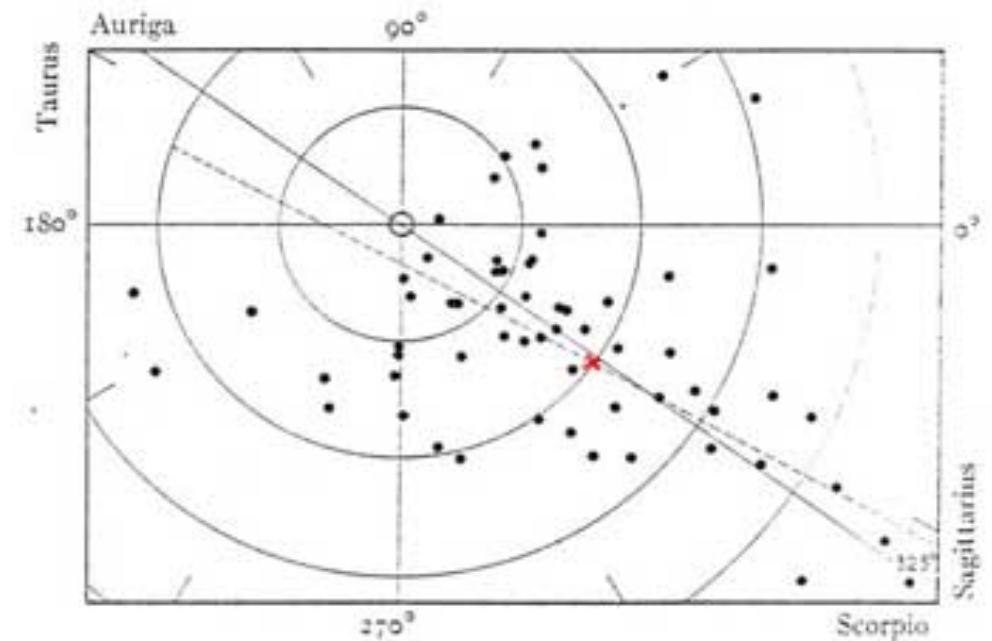
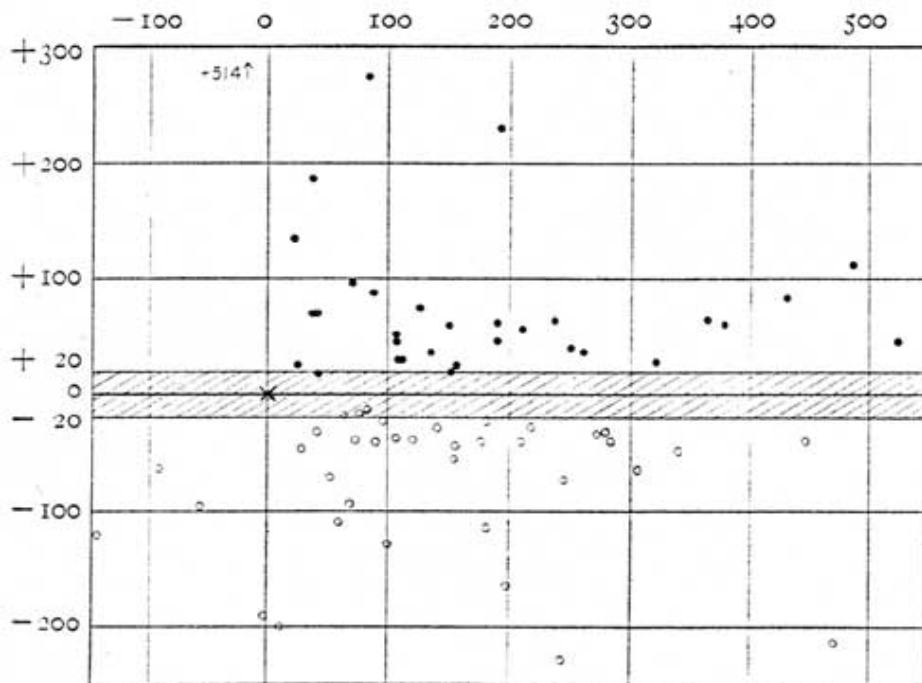
$$\Theta = 190', D = 40 \text{ kpc} \Rightarrow$$

$$d = 724 \text{ kpc} \text{ (} d_{\text{obs}} = 812 \text{ kpc)}$$



Harlow Shapley:

A Via Láctea teria **900 Kpc** de diâmetro e neste caso um *Universo Ilha* com de 10' de diâmetro deveria estar a cerca de **300 Mpc** de distância!



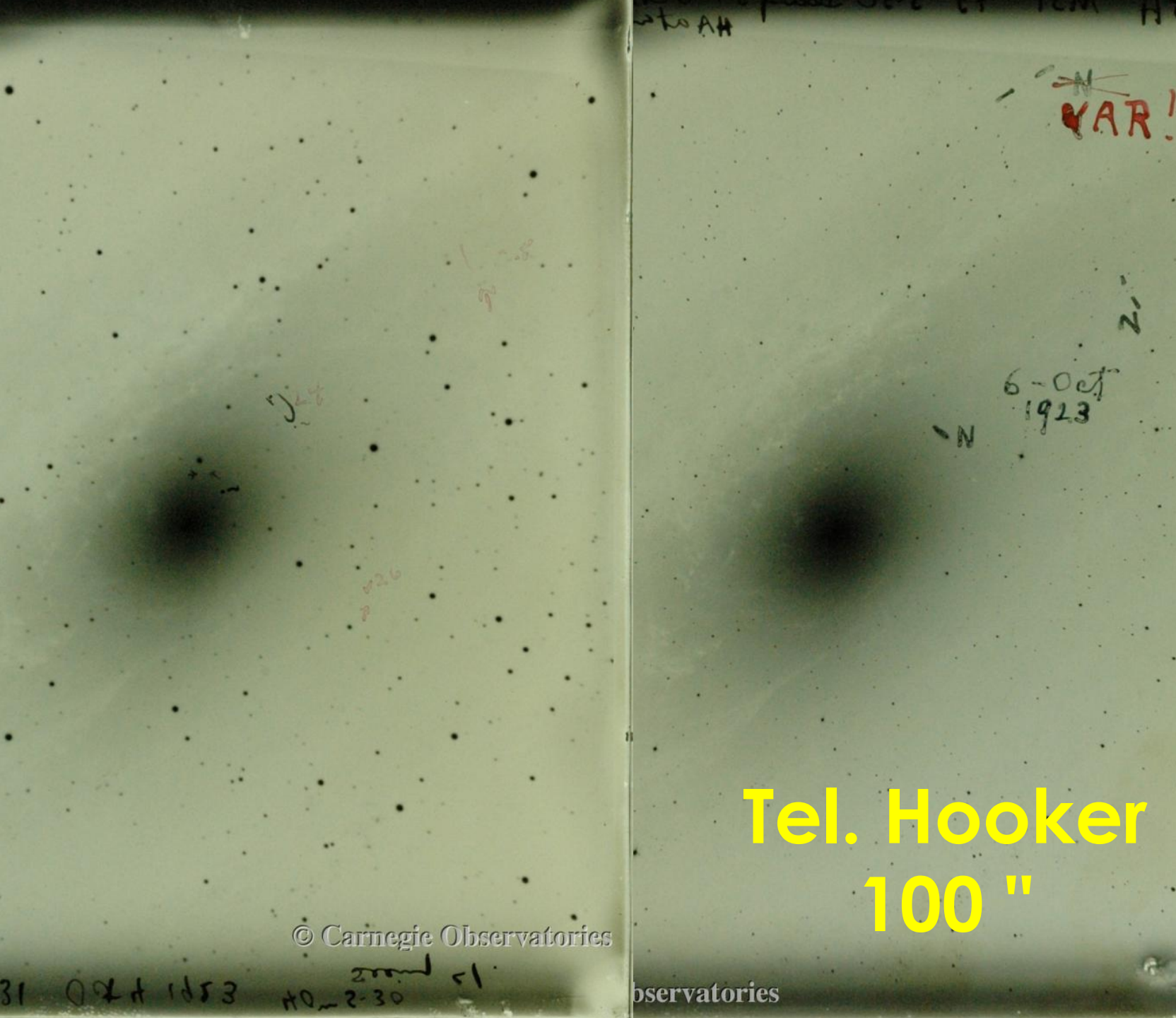


Edwin Hubble

(1889-1953)

- 1. Distâncias galáxias próximas**
- 2. Relação distância-velocidade**
- 3. Classificação morfológica**

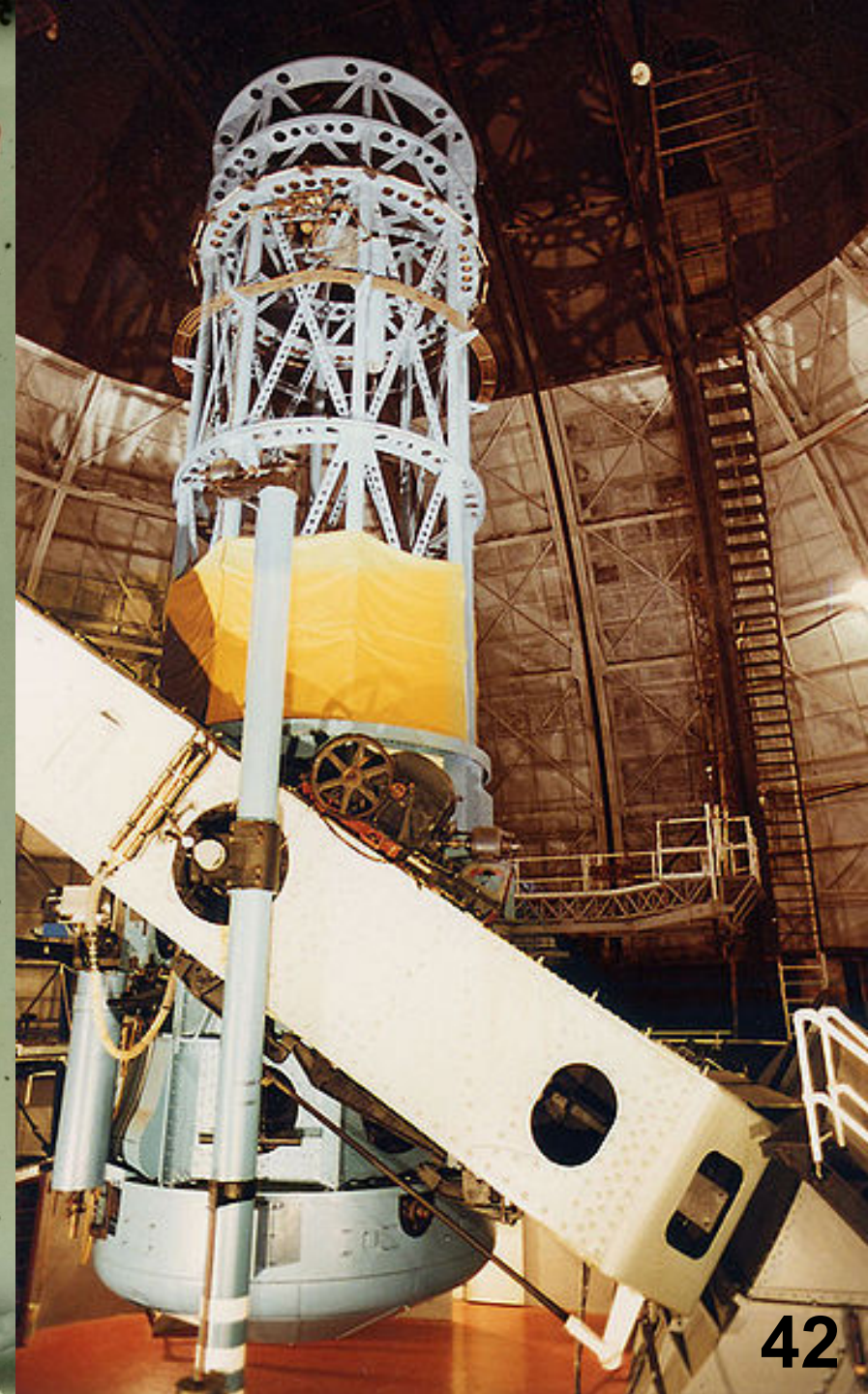


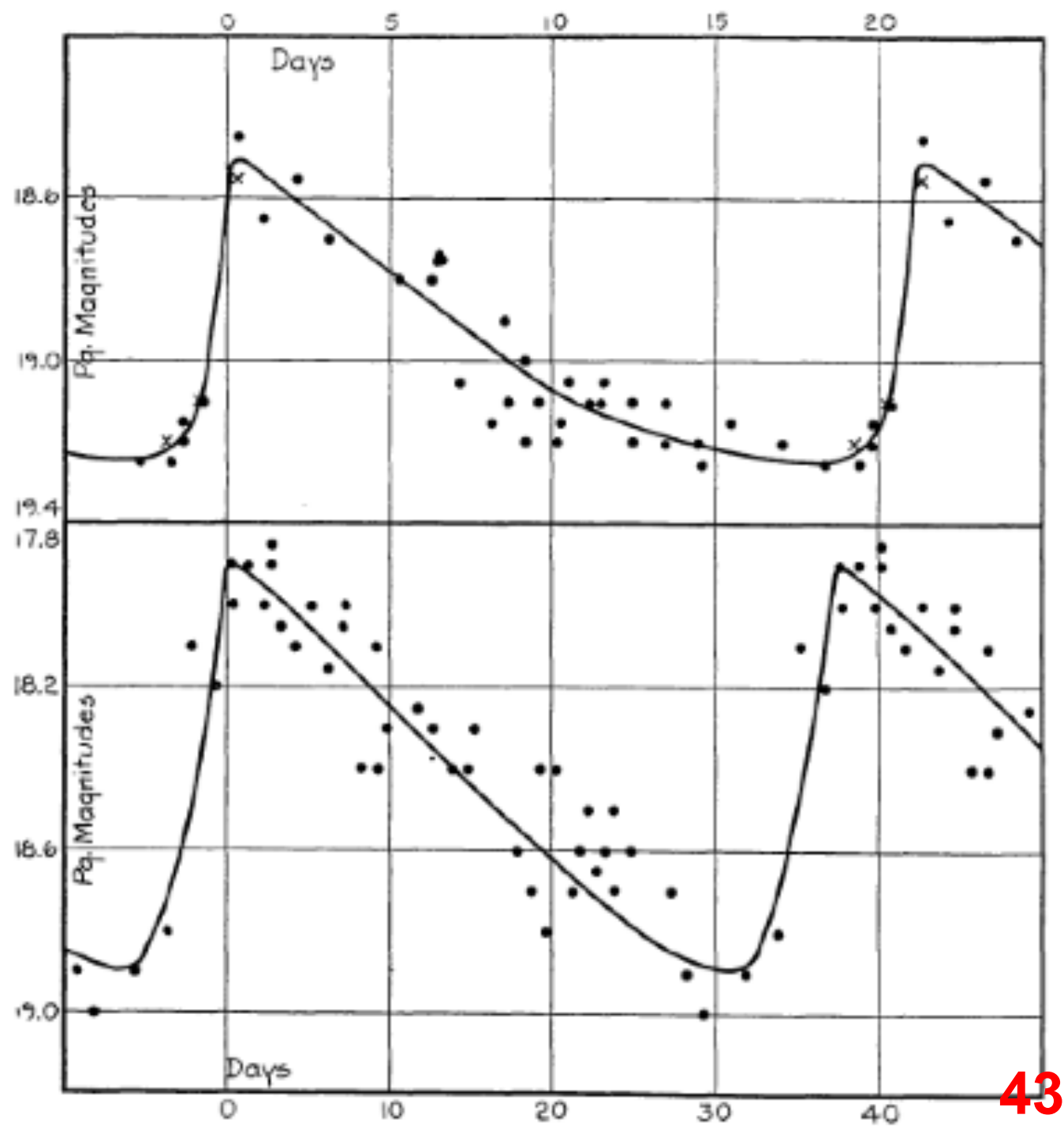


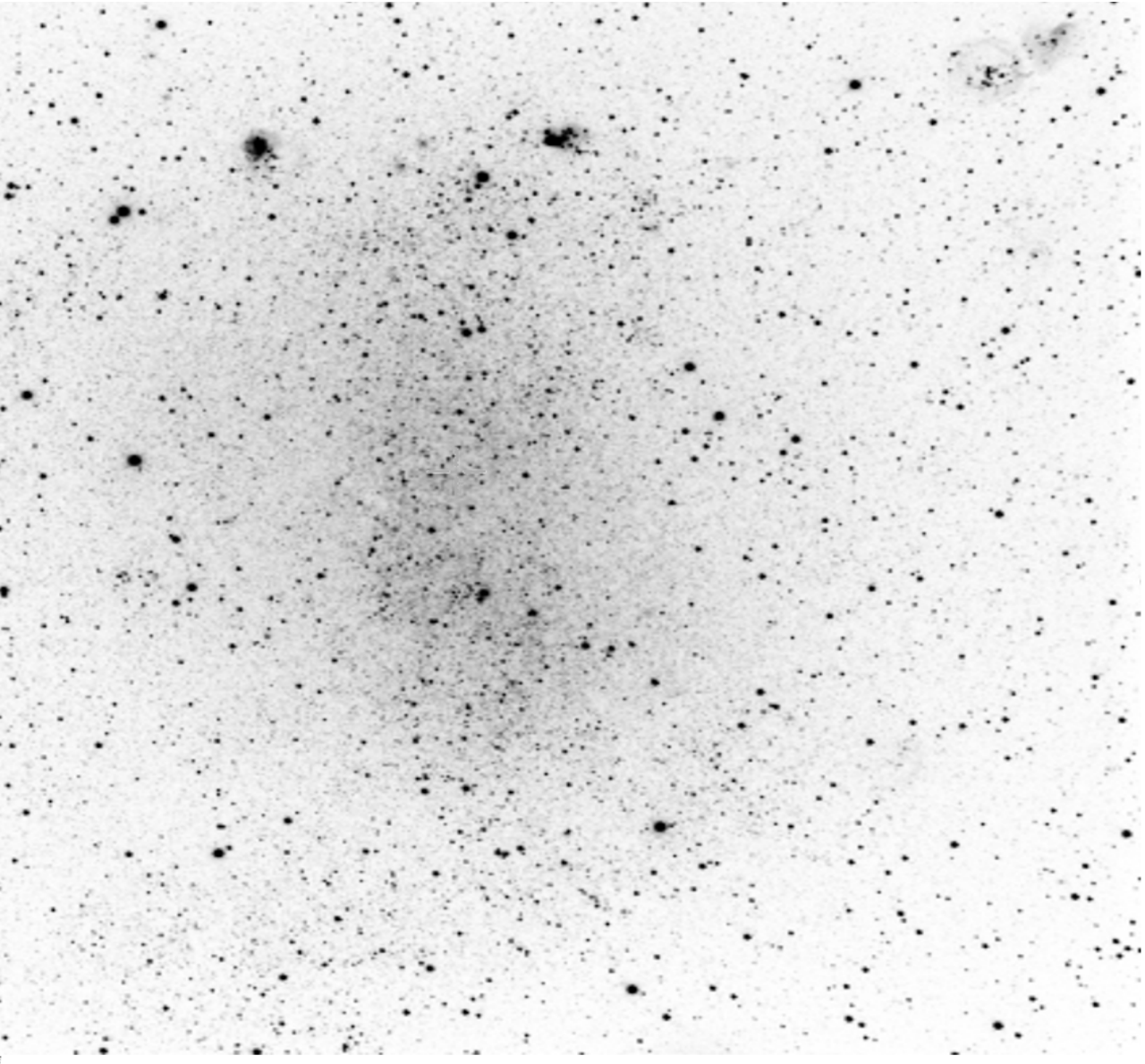
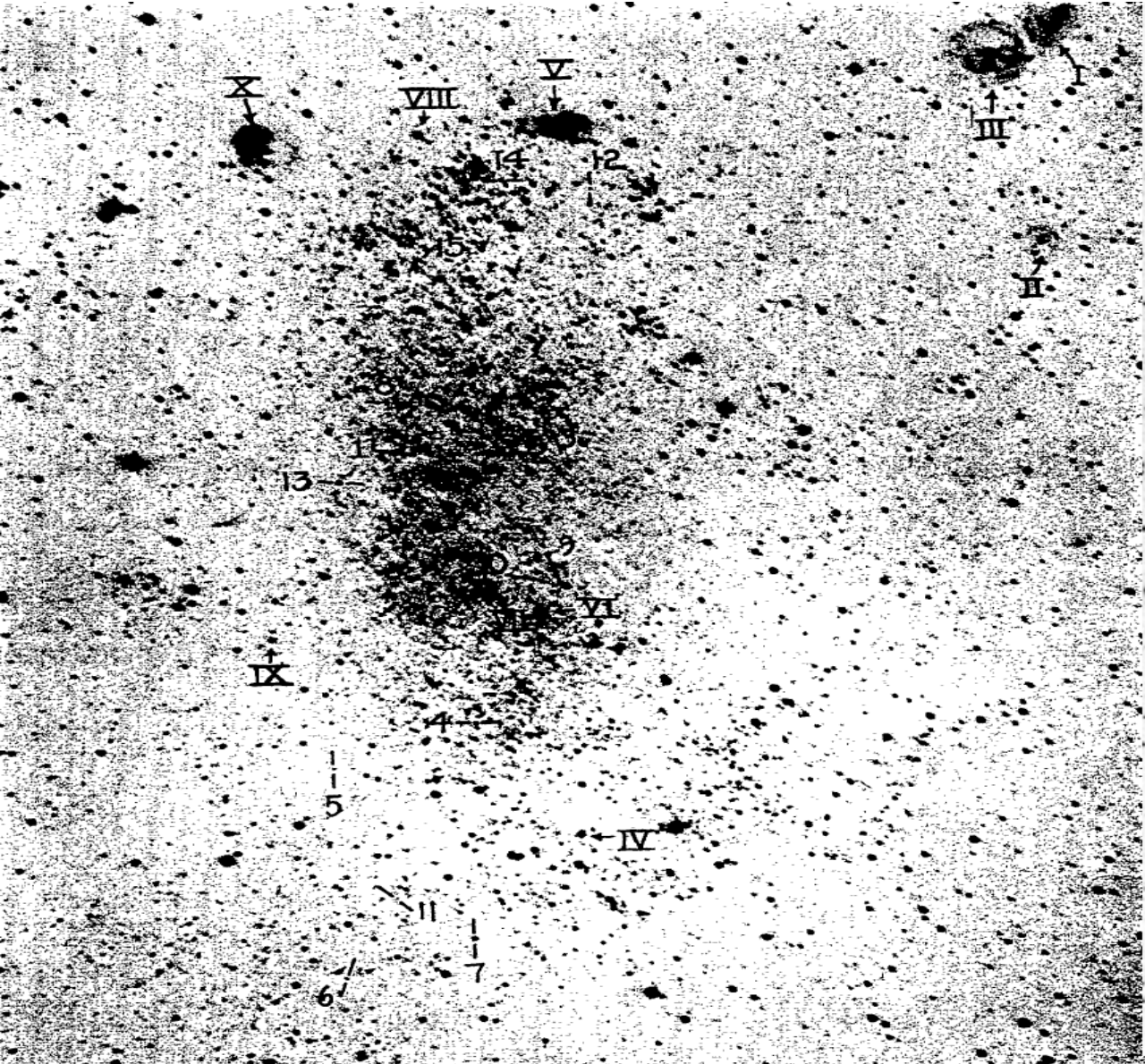
Tel. Hooker 100 "

© Carnegie Observatories

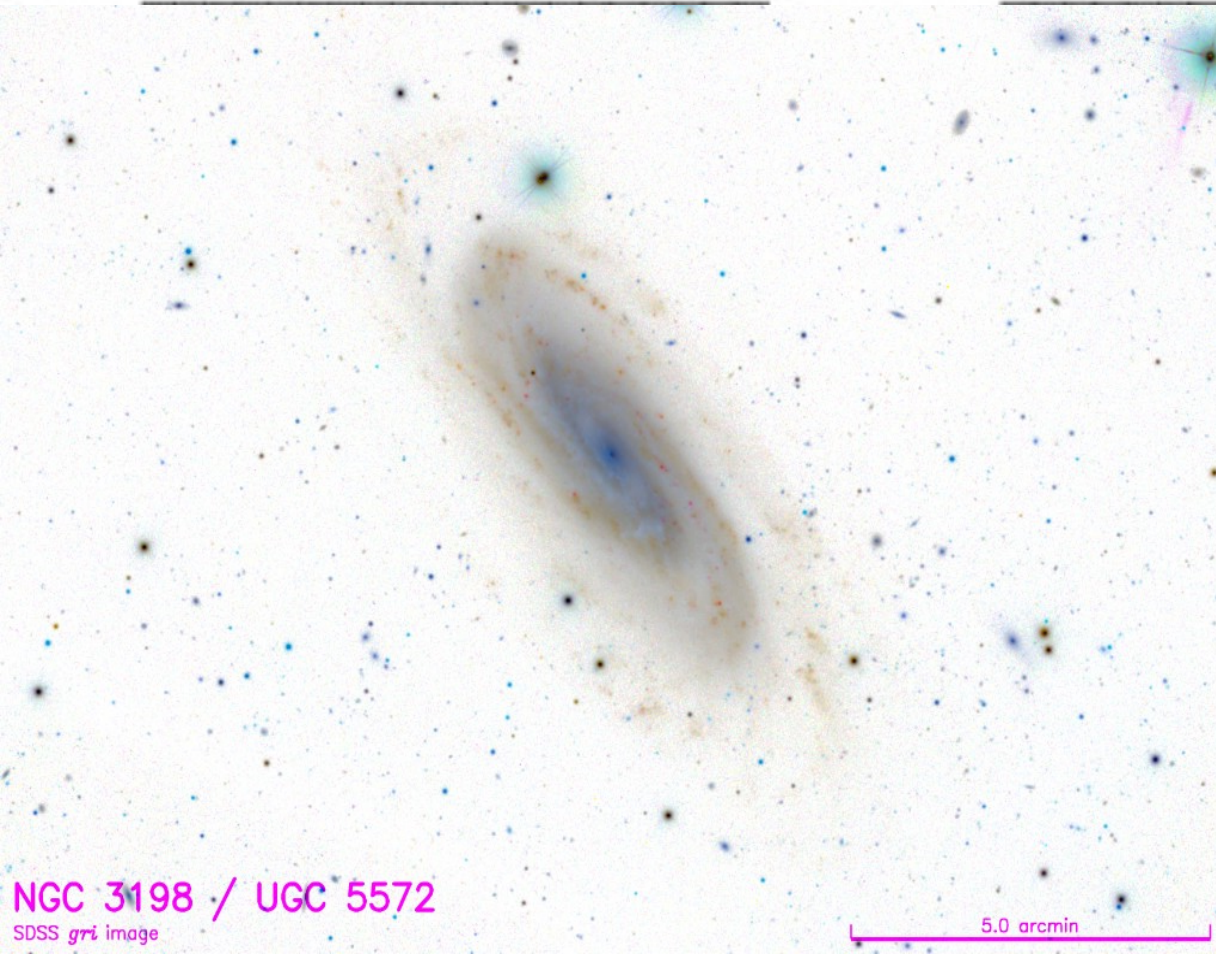
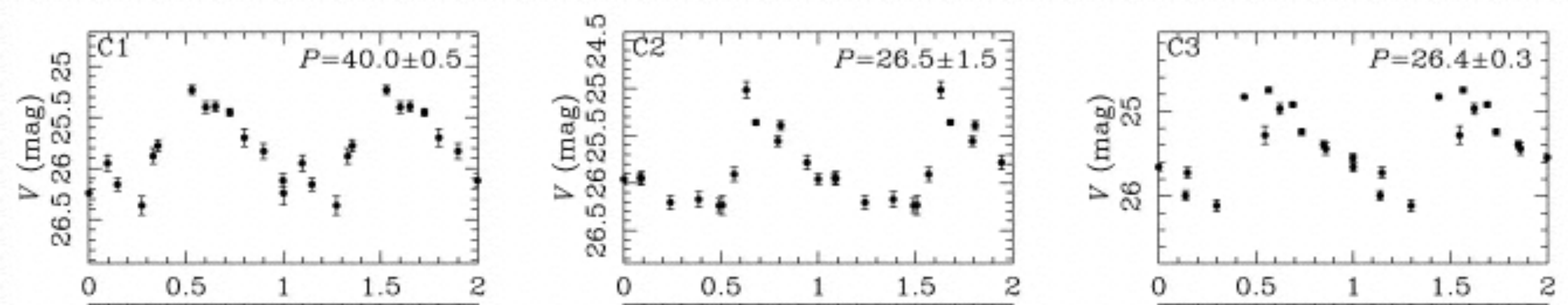
observatories





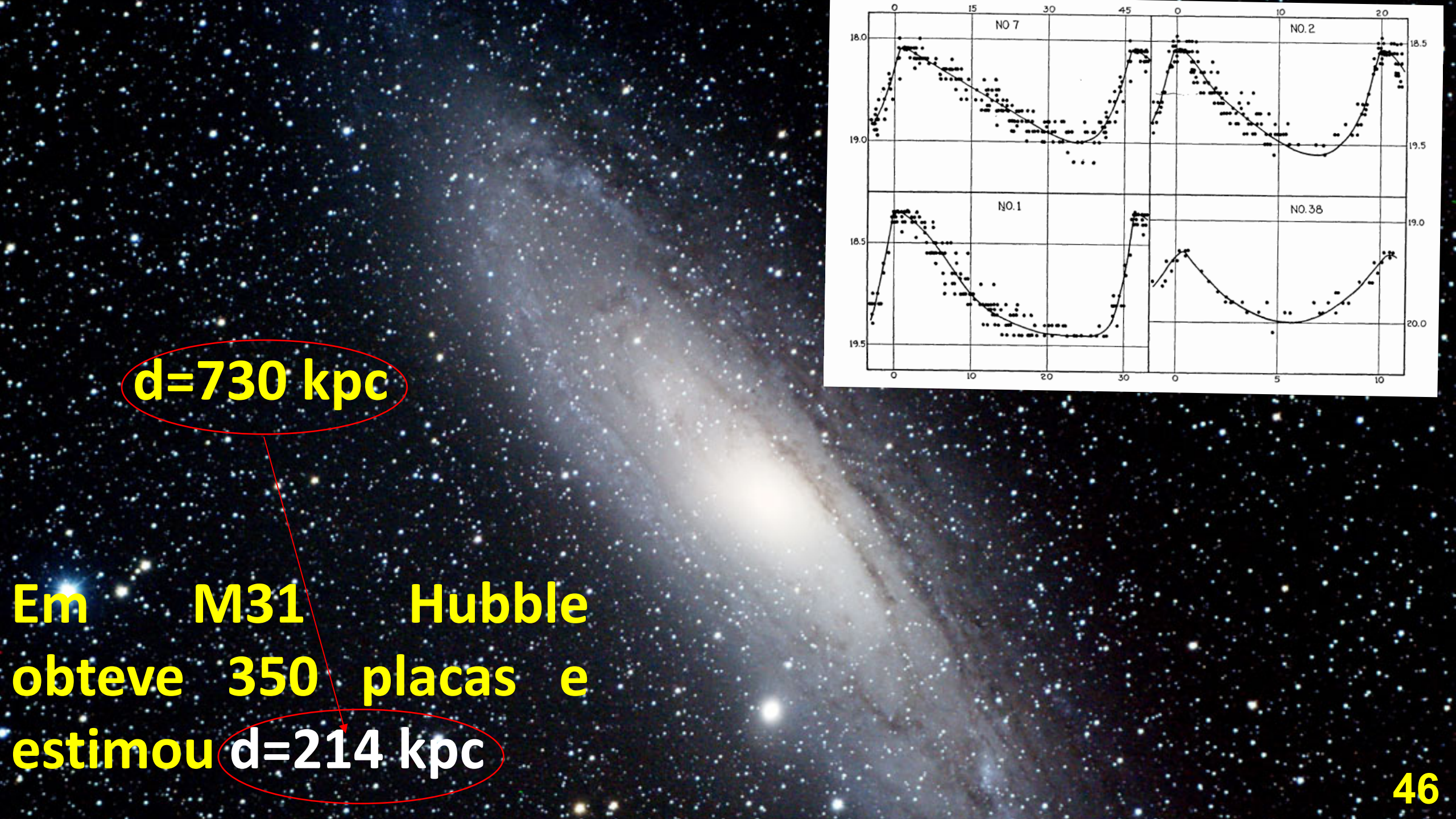


Em NGC 6822, galáxia semelhante à SMC, uma cefeída é 4,2 mag mais débil e portanto $d_{\text{N6822}}/d_{\text{SMC}}=7!$



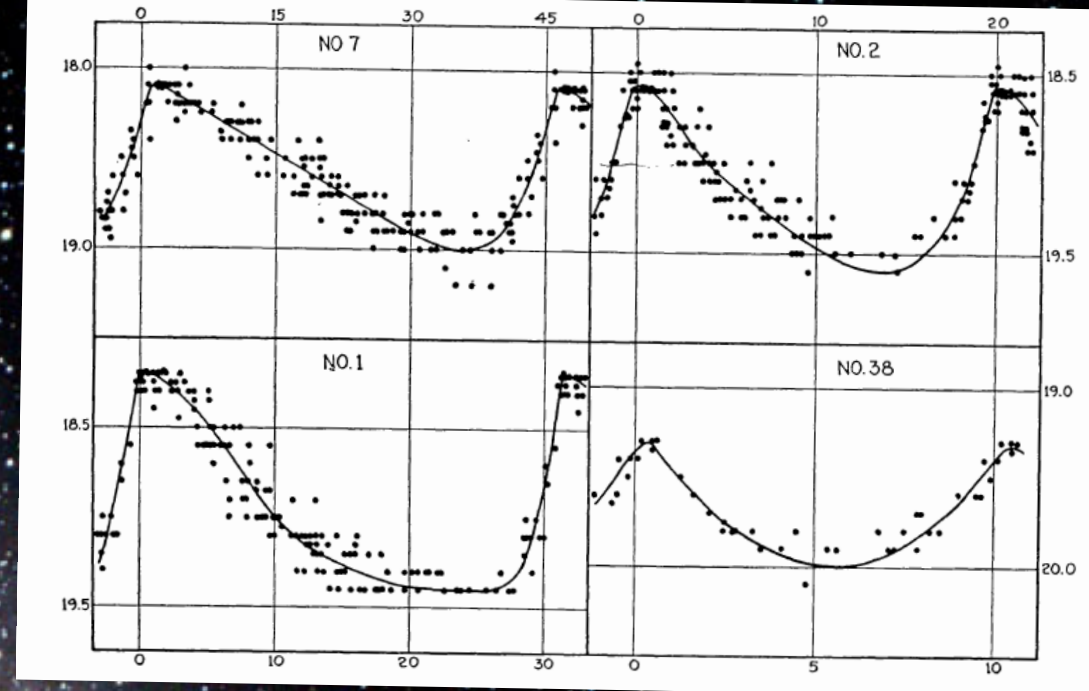
P1 2014

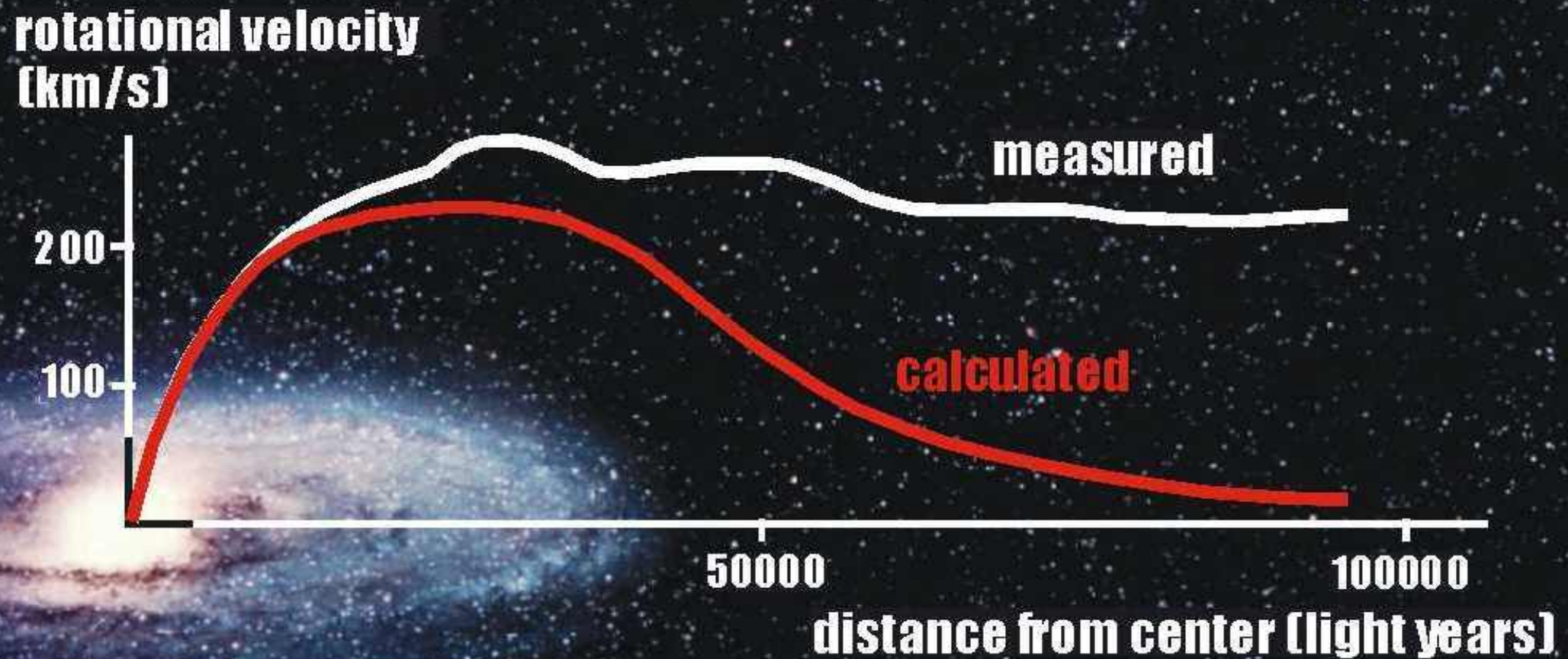
Qual é a distância de NGC 3198 e qual é a sua dimensão?



d=730 kpc

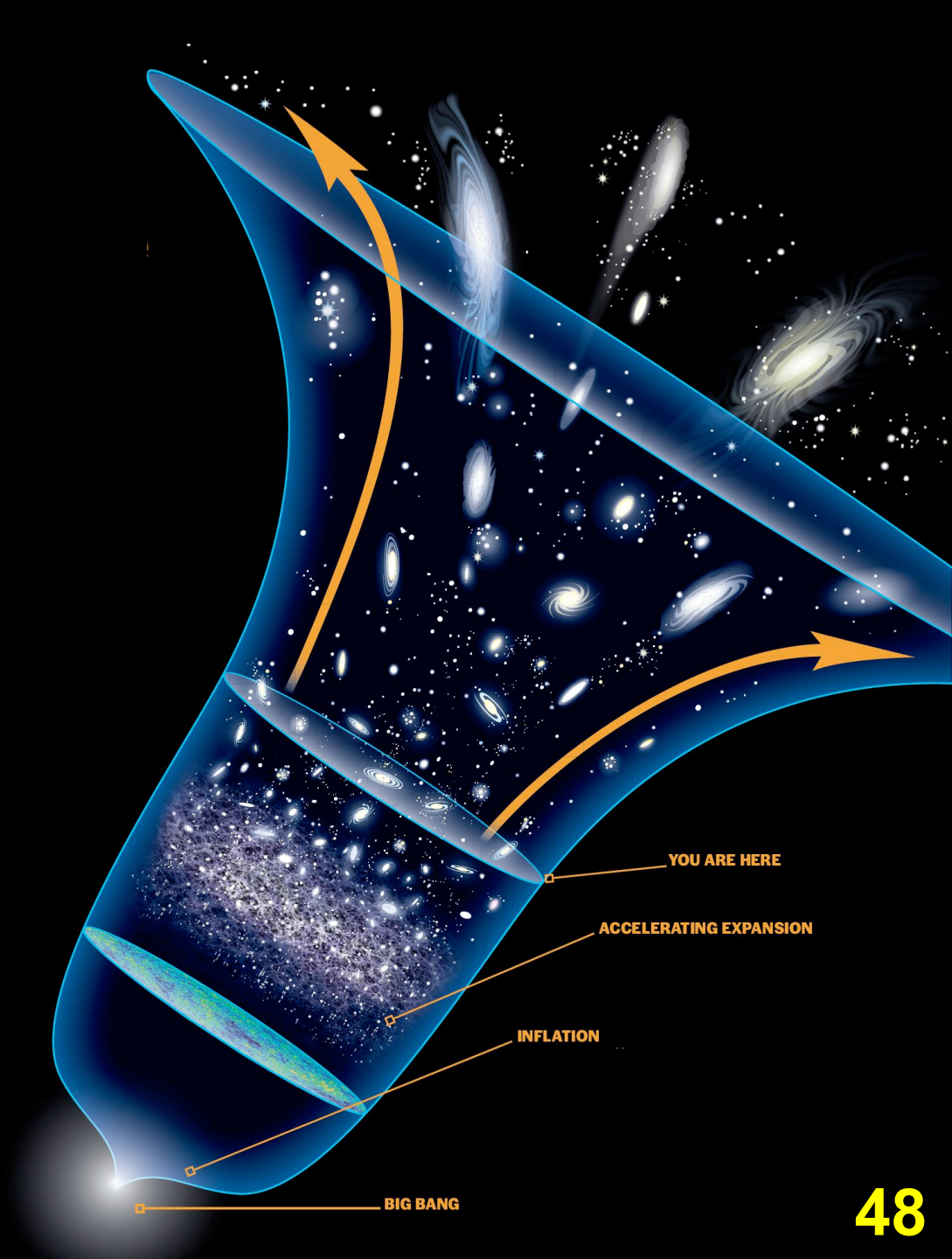
Em M31 Hubble
obteve 350 placas e
estimou **d=214 kpc**





Grandes conflitos de ideias e opiniões contraditórias podem resultar em interpretações criativas, como o debate sobre a matéria escura, iniciado por Vera Rubin e outros nos 60, que discutiremos no capítulo III.

Quando argumentos
contraditórios são
descobertos eles podem
descartar teorias
antes consideradas como
corretas, ou resgatar teorias,
como a célebre constante
Cosmológica de Einstein!





**Um assunto ainda que sujeito a
opiniões contraditórias não deve
ser considerado como estéril**