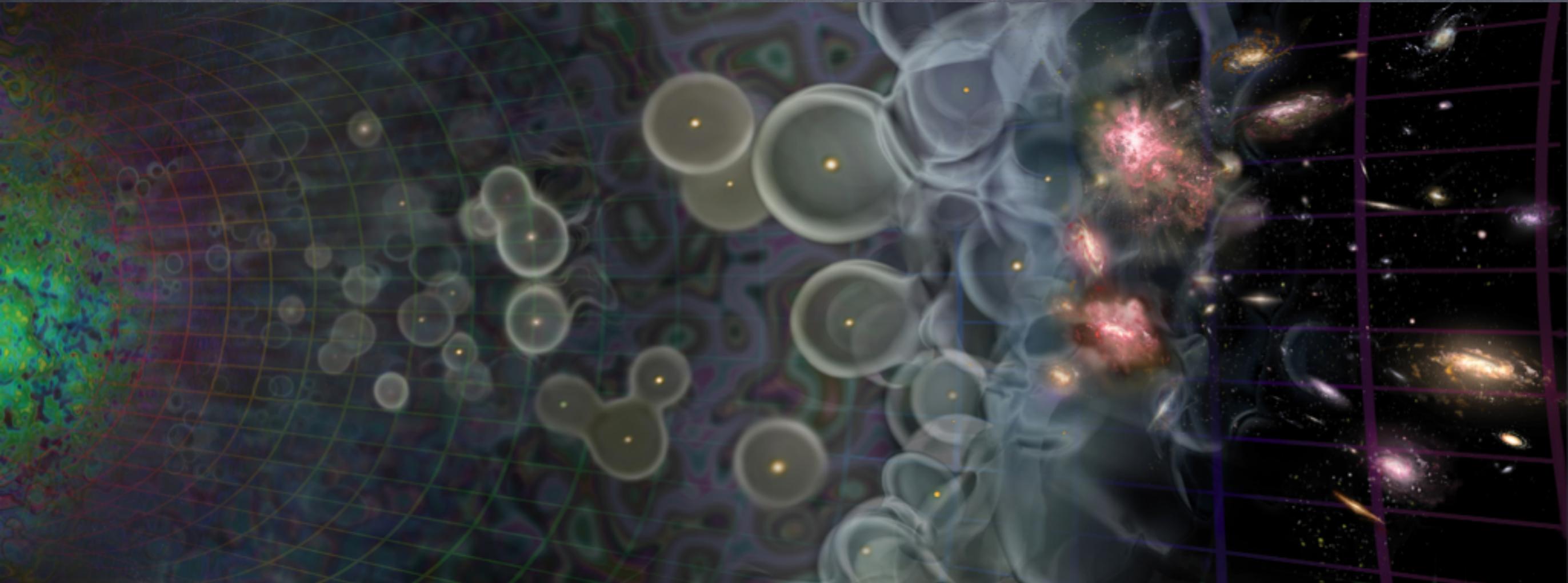


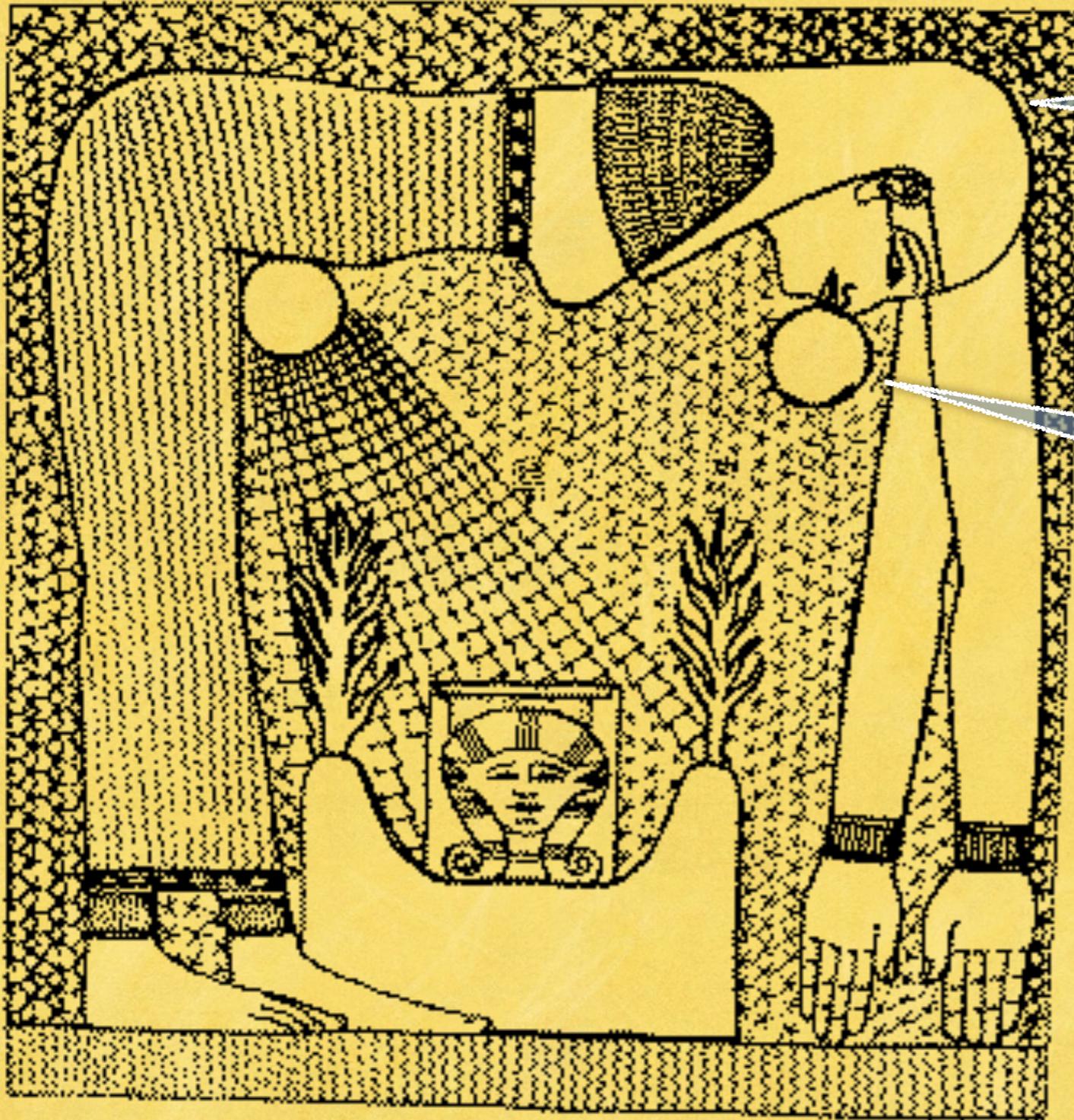
# Introdução à Cosmologia Física



## Temas dos trabalhos em grupo

Tema	Grupo	Data Apres.
Estrelas Cefeidas e RR Lyrae	Alexandre, Lissa	27/8
Supernovas	Anderson, Geovane e Henrique	3/9
Galáxias Elípticas e Esferoidais	Bruno, Camila e Luiz Carlos	17/9
Quasares, AGNs e buracos negros	Caroline, Fernanda e Heitor	1/10
Galáxias Espirais	Breno e Mariana	15/10
Grupos e Aglomerados de Galáxias	Bleider e Fabio Galindo	22/10
"Bursts" de raios-gama	Marcos, Rodolpho e Rubens	29/10
Raios Cósmicos de Alta Energia	Antonio Augusto e Tiago	5/11
Radiação Cósmica de Fundo	Athos e Eloi	12/11
Inflação e "Multiversos"	Eduardo e Willy	19/11

# Cosmologia "A.H." (Antes de Hubble)



Nut (Deusa dos Céus)

Rá (Deus-Sol)

Assim como os babilônios, os egípcios tinham que calcular muito bem as estações, para programar o plantio das safras

# Cosmologia "A.H." (Antes de Hubble)

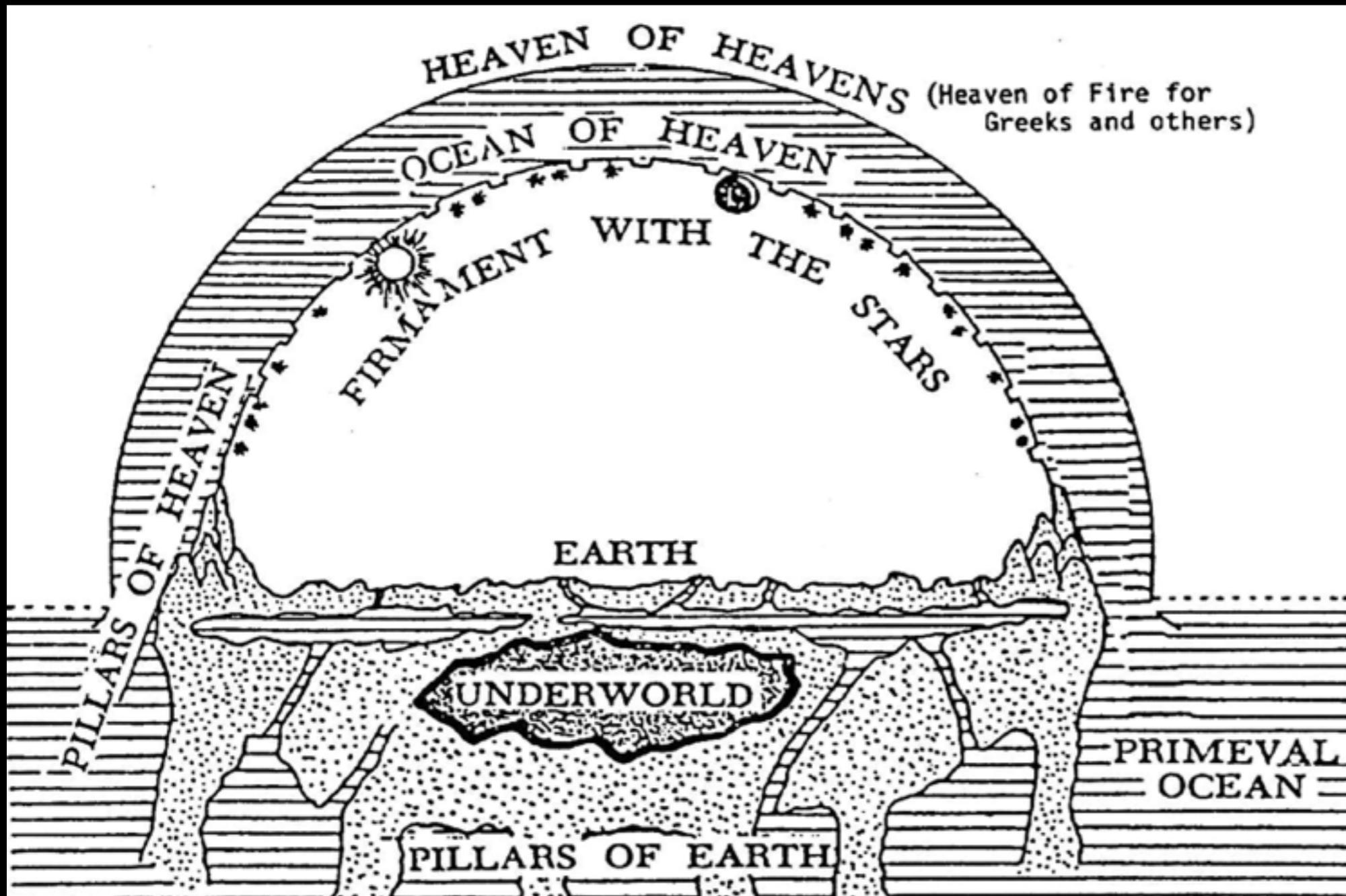


Pleiades

Disco de Nebra

Representação do céu do  
Norte da Europa (1600 a.c)

# Cosmologia "A.H." (Antes de Hubble)



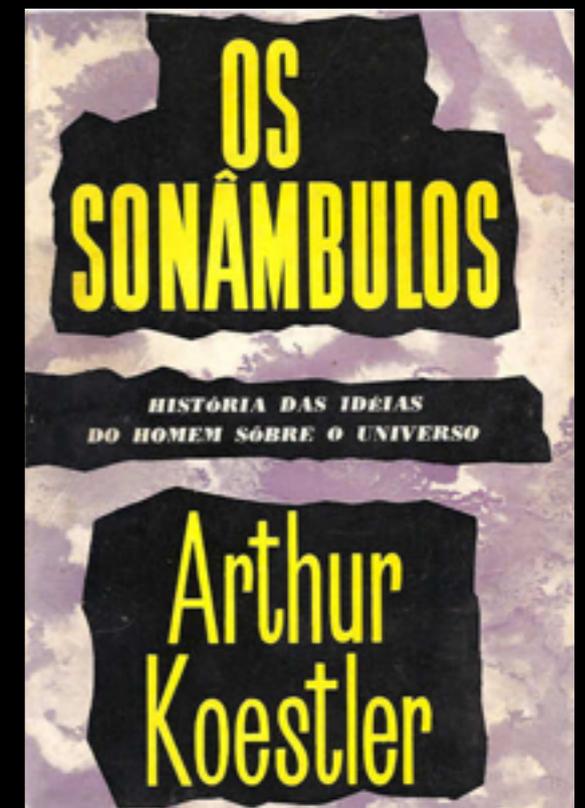
O Universo  
dos gregos  
e romanos

# Cosmologia "A.H." (Antes de Hubble)

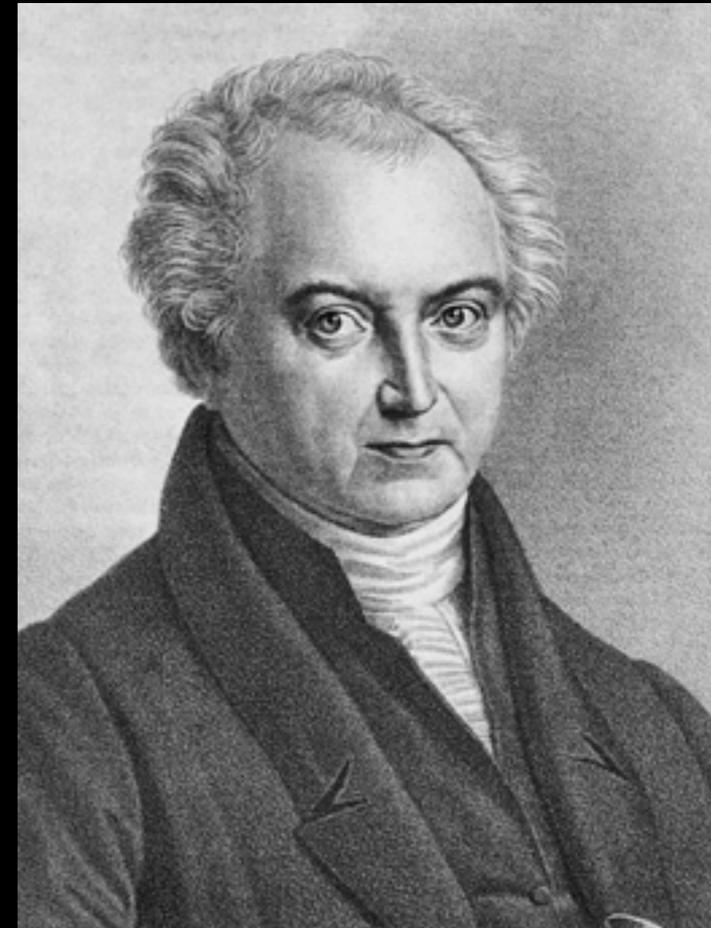
Era Medieval: nada muito diferente - a Terra ainda era vista como o centro do universo.



Mas Copérnico e Kepler (depois Galileu, Newton, etc.), instigaram a curiosidade sobre a "mecânica celeste"



# O Paradoxo de Olbers

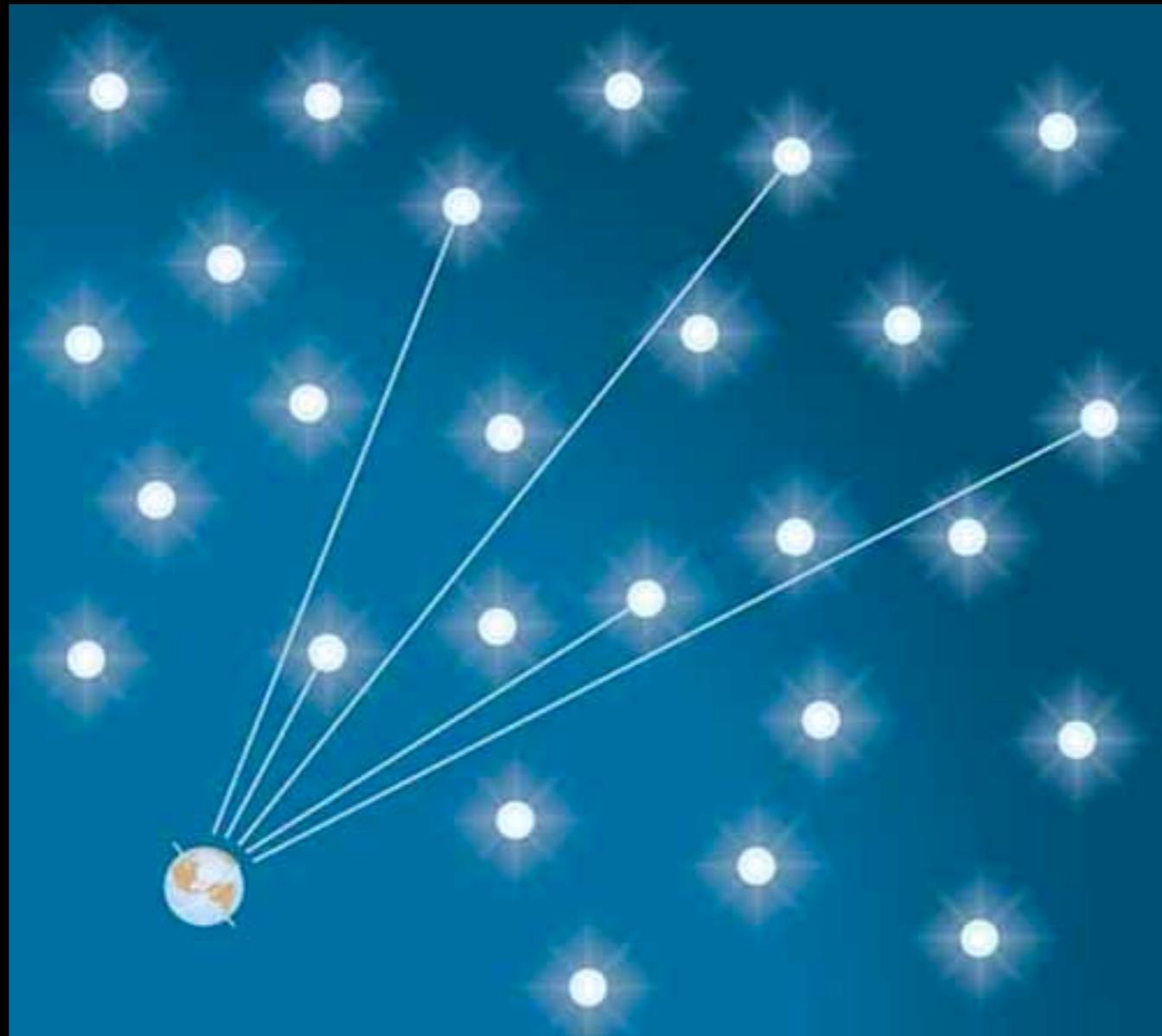


**Heinrich W. M. Olbers**  
1758-1840

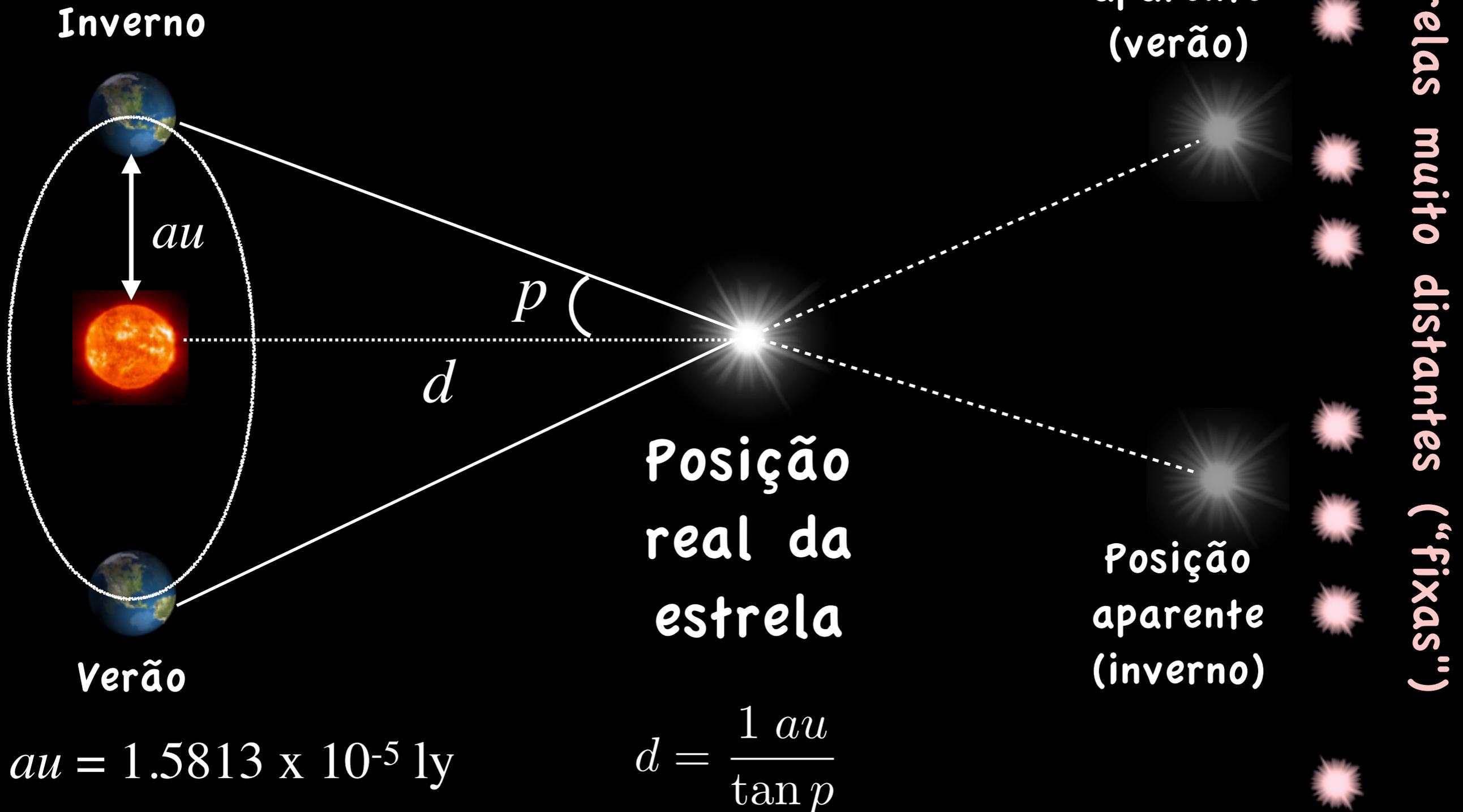
**Médico e Astrônomo**

**Descobridor de vários  
cometas e asteróides**

# O Paradoxo de Olbers



# Paralaxe

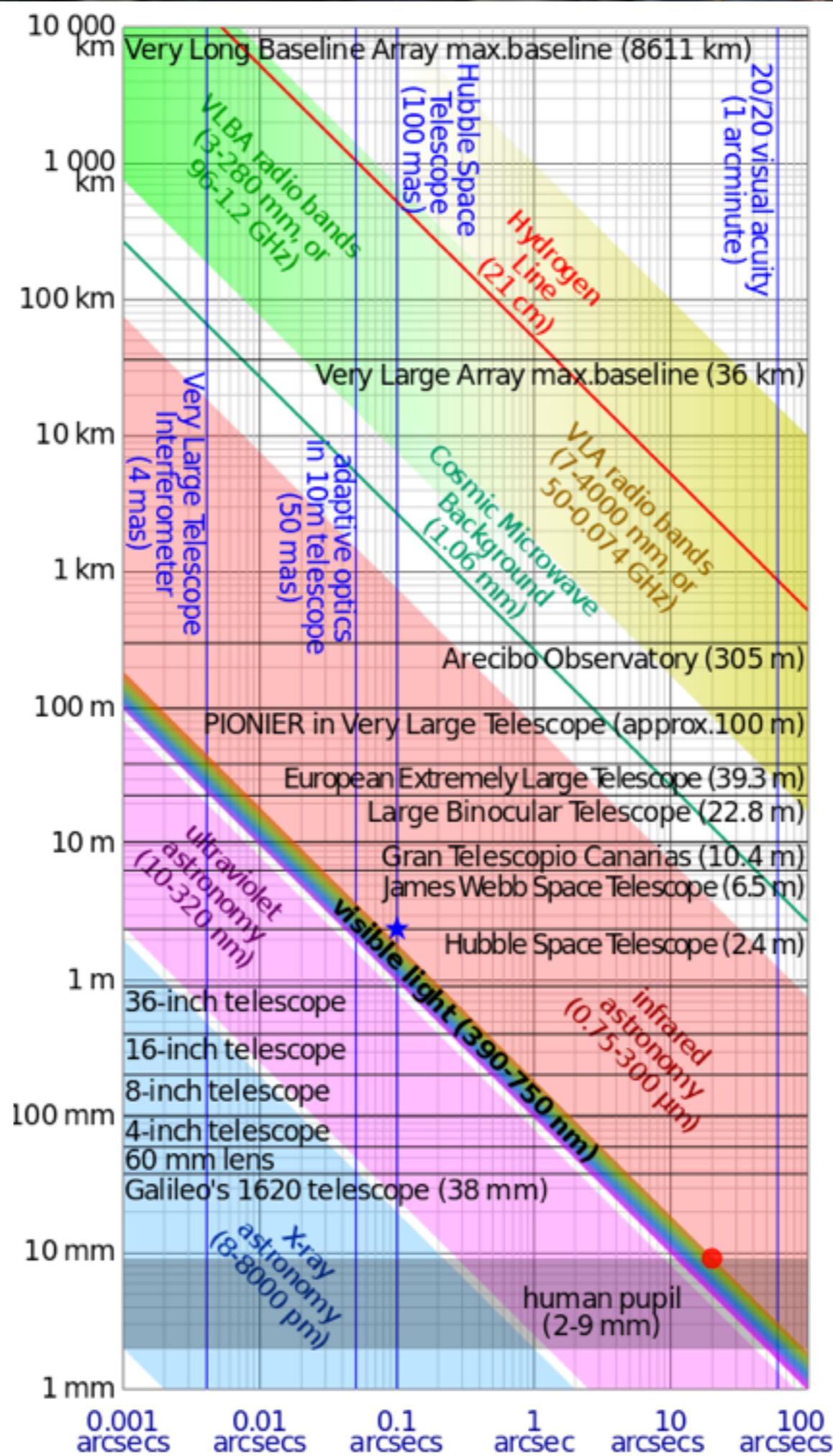


## Paralaxe das estrelas mais próximas

Nome	Paralaxe (mas)	Distância (anos-luz)	RA	DEC
Proxima Centauri	$768.87 \pm 0.29$	$4.2421 \pm 0.0016$	14h 29m 43.0s	-62° 40' 46"
Estrela de Barnard	$546.98 \pm 1.00$	$5.9630 \pm 0.0109$	17h 57m 48.5s	04° 41' 36"
Sirius	$380.02 \pm 1.28$	$8.5828 \pm 0.0289$	06h 45m 08.9s	-16° 42' 58"
Polaris (Cefeida)	$7.54 \pm 0.11$ (??)	425 (??) $\pm$ (??)	02h 31m 49.1s	89° 15' 50.8"

$1 \text{ pc} = 3.26 \text{ ly}$  : distância p/ paralaxe de  $1'' = 1000 \text{ mas}$

# Limites de resolução angular



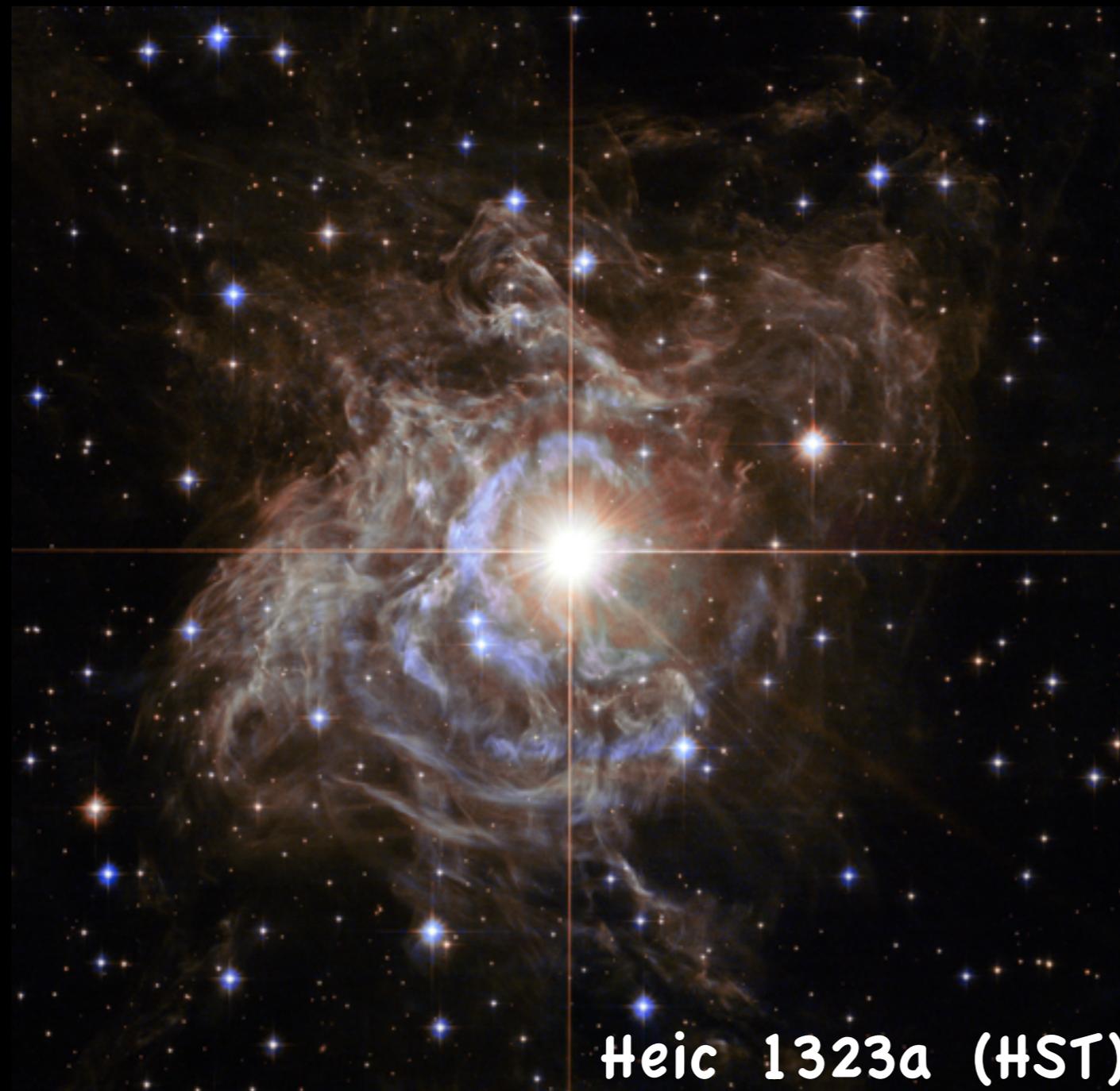
# Henrietta Leavitt e as Cefeidas



Henrietta Leavitt  
1868-1921

\* Começou sua carreira como "computadora" no Harvard Observ.

\* Hubble achava que ela era merecedora do Prêmio Nobel

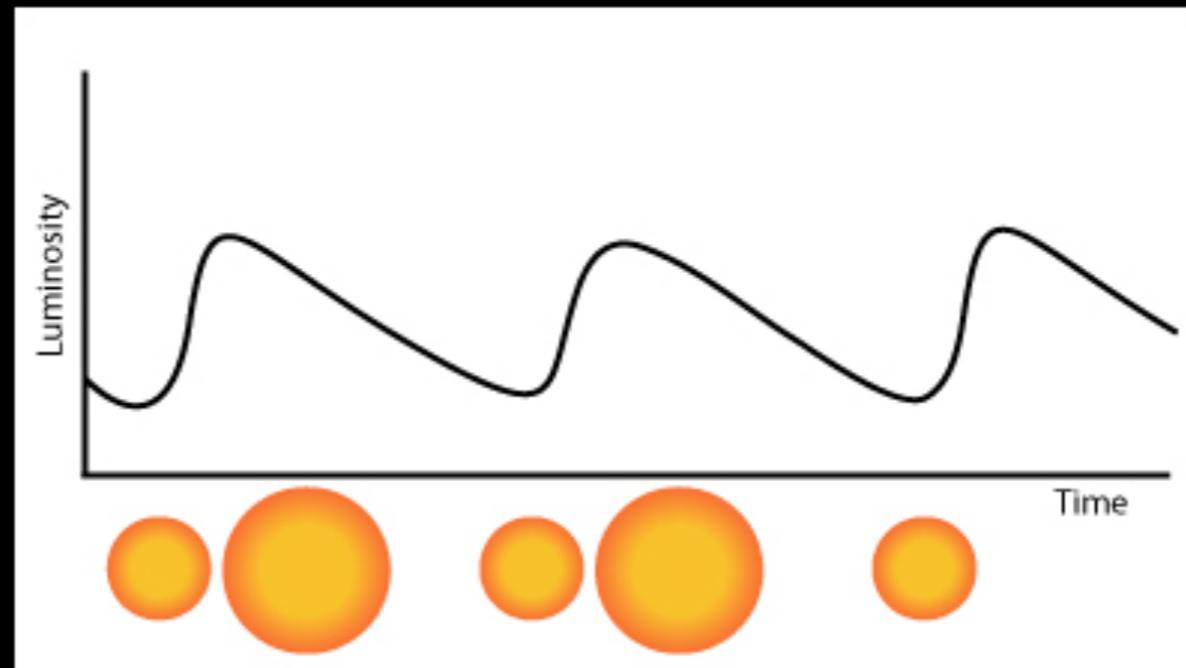


Heic 1323a (HST)

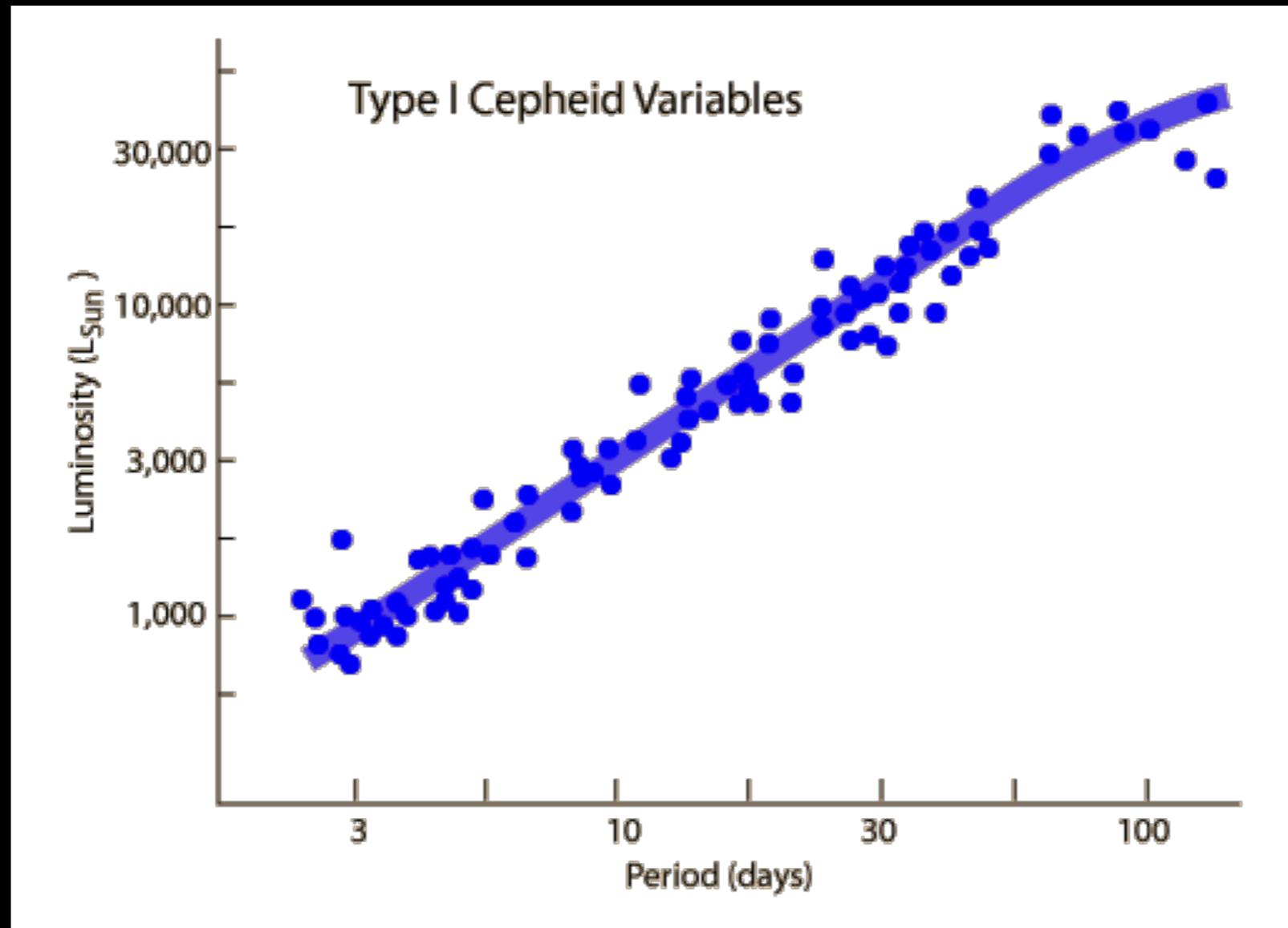
## Estrelas Cefeidas "clássicas"

- Massas 4-20x  $M_{\odot}$
- Períodos de pulsação de dias a meses
- Estrelas supergigantes, até  $10^5$ x mais brilhantes que o sol
- Mais de 700 conhecidas apenas na Via Lactea
- Henrietta Leavitt estudava Cefeidas nas Nuvens de Magalhães quando fez a sua descoberta:

"Relação entre o período e a luminosidade da estrela"

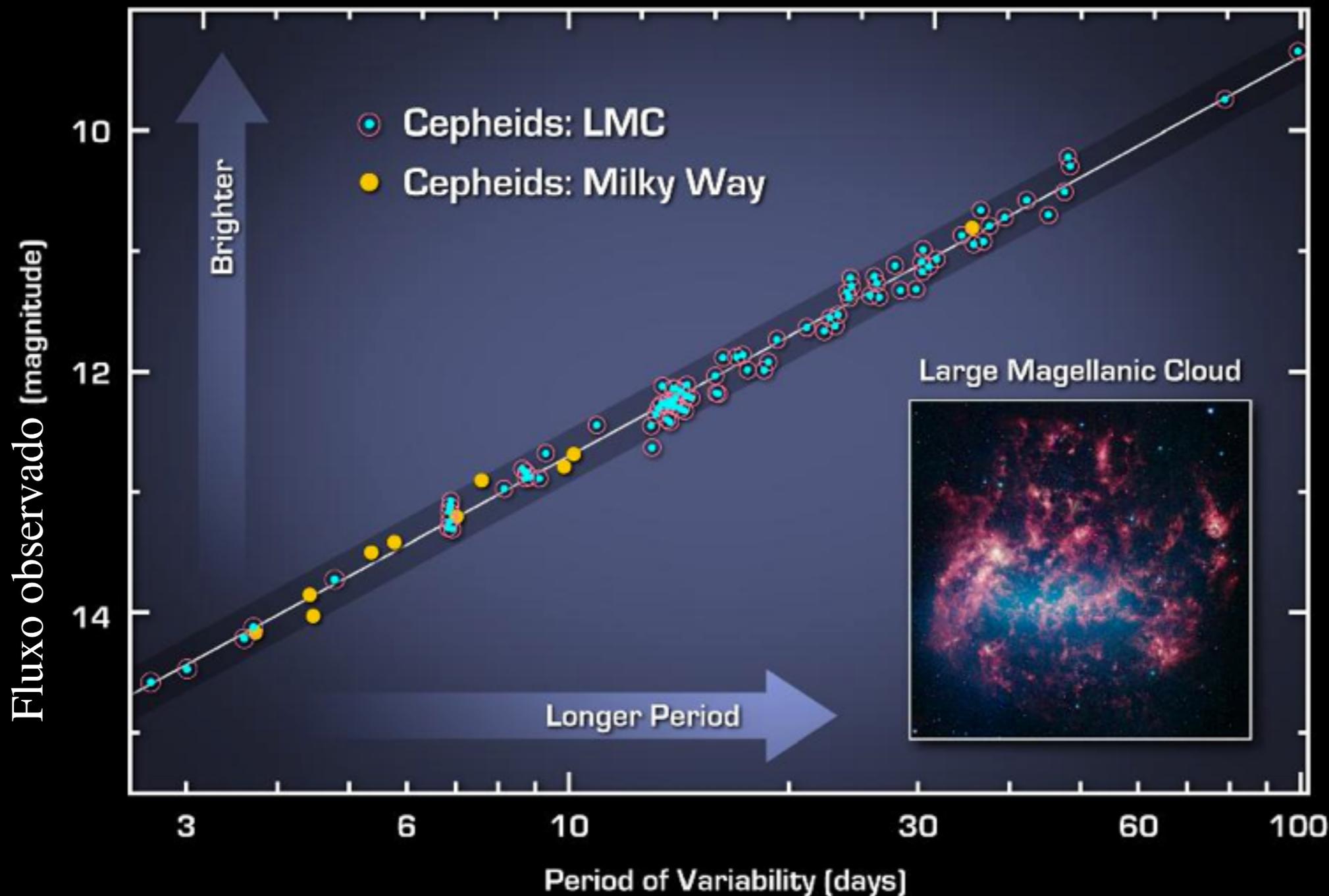


## Cefeidas e distâncias



$$P \rightarrow \text{Luminosidade} \longleftrightarrow \frac{\text{Luminosidade}}{4\pi d^2} = \text{brilho observado}$$

# Cefeidas e distâncias



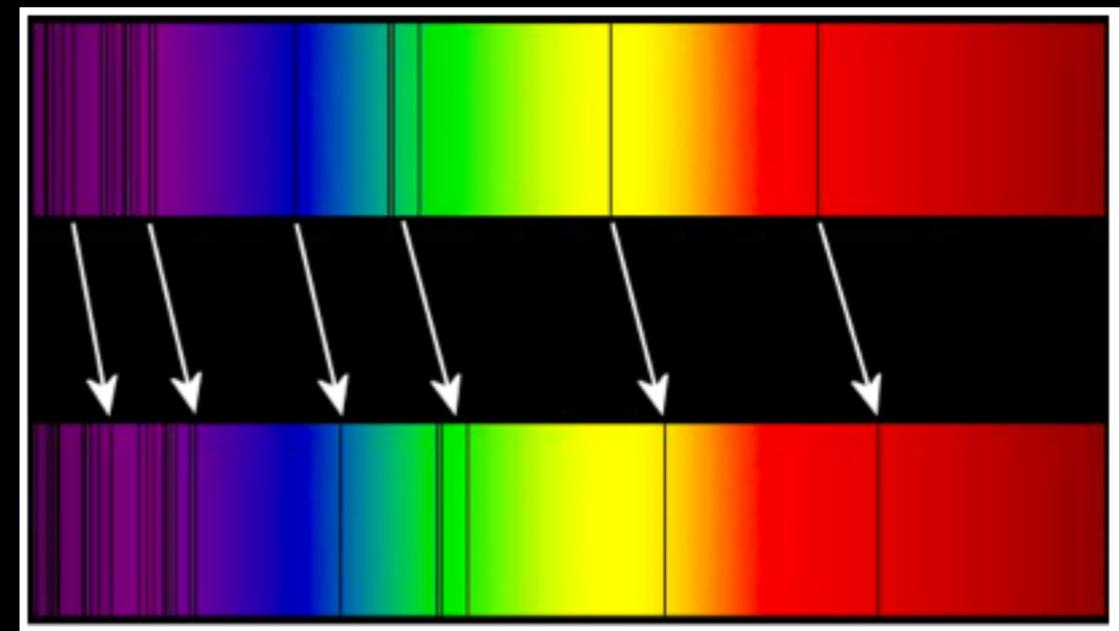
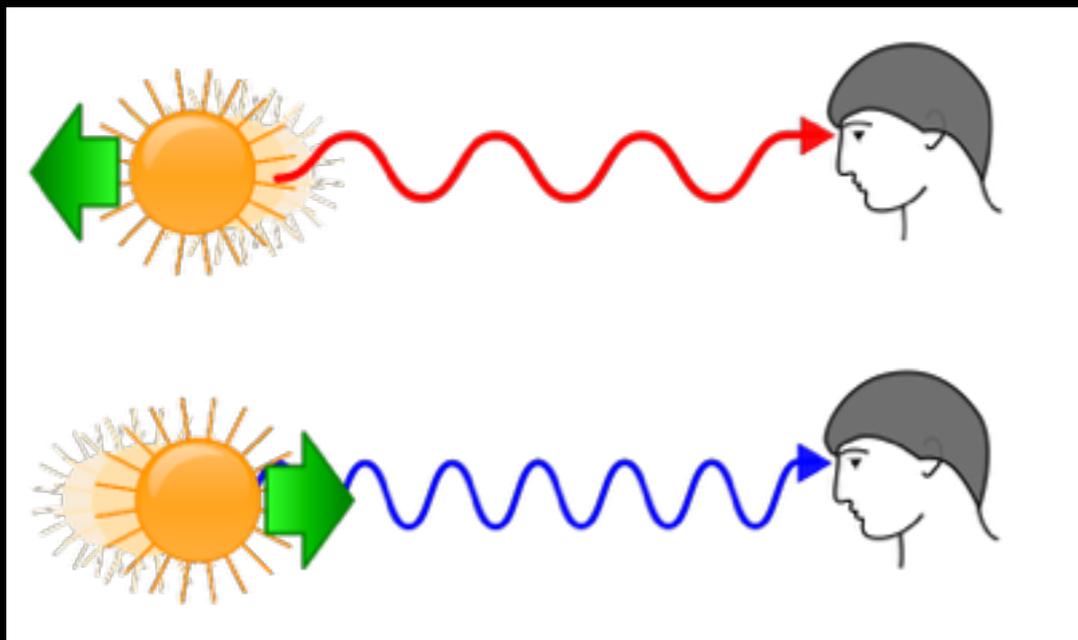
\* Há vários tipos diferentes de Cefeidas!

\* Relação depende da "cor" da estrela

$$5 \log_{10} d[pc] = V + 3.34 \log_{10} P[di\text{as}] - 2.5(V - I) + 7.5$$

## Para próxima aula: redshift

Leitura: Ryden, Cap. 2.3-2.5, 3.1



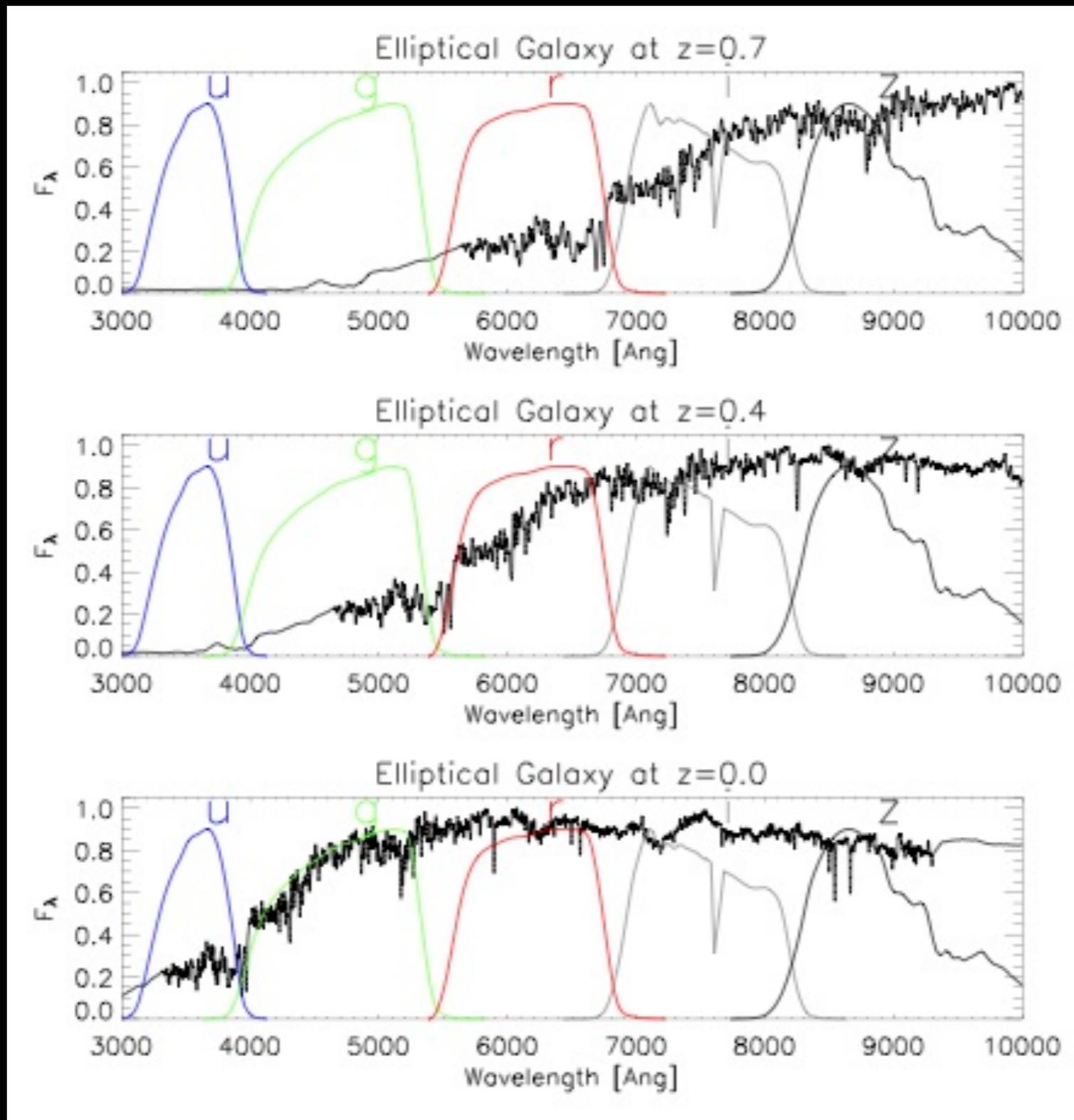
$$1 + z = \gamma(v) \left(1 + \frac{v_{\parallel}}{c}\right)$$

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}} \simeq \frac{v_{\parallel}}{c} + \mathcal{O}(v/c)^2$$

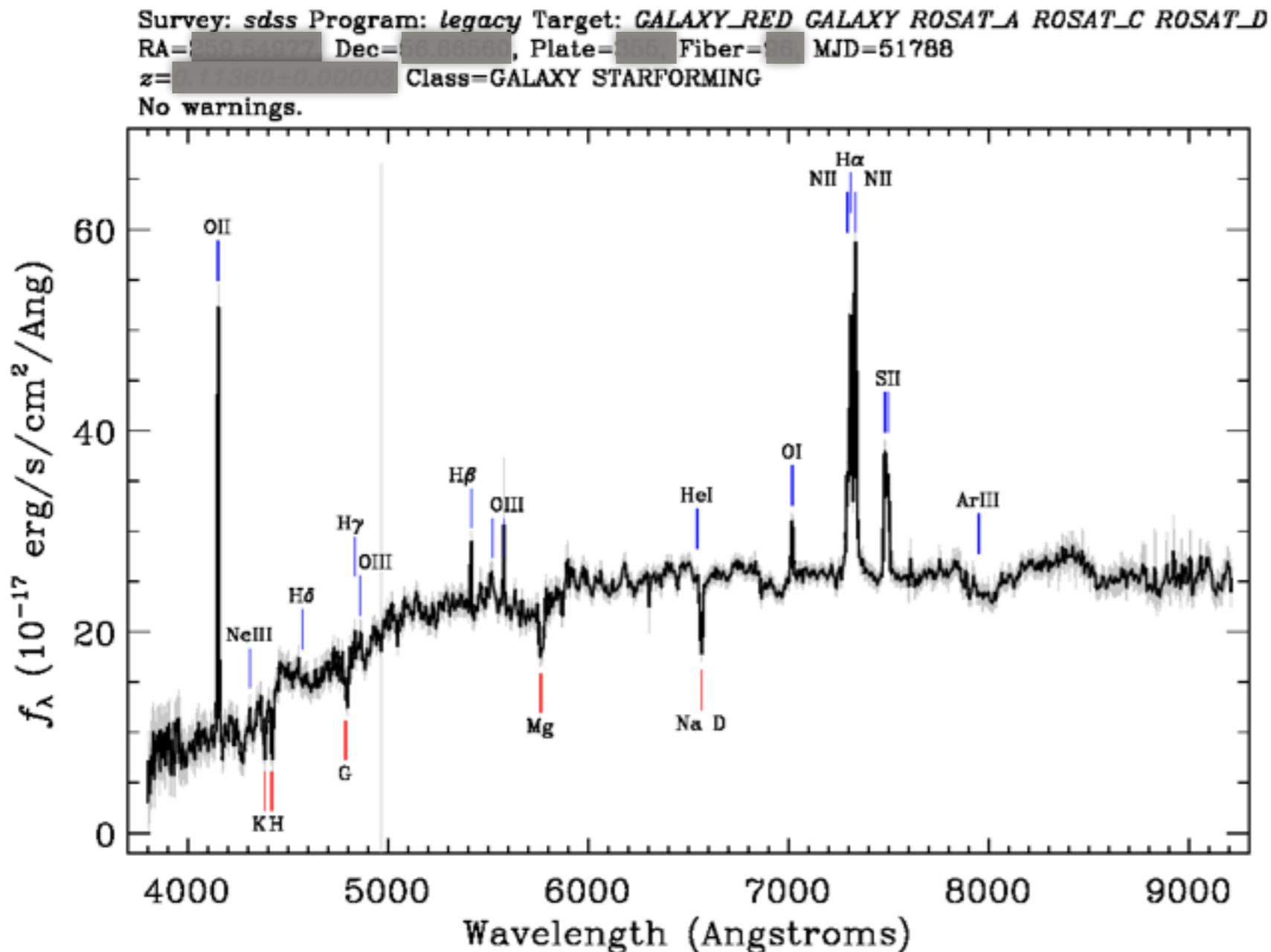
$$\lambda_{obs} = \lambda_{em} \times (1 + z)$$

$$\nu_{obs} = \frac{\nu_{em}}{1 + z}$$

## Redshifts de galáxias



## Desafio: encontre o $z$ desta galáxia:



Enviem a resposta para mim por e-mail ([abramo@if.usp.br](mailto:abramo@if.usp.br))

\* As primeiras 3 respostas levam +0.1 ponto na média final

\* As respostas 4-6 levam +0.07 ponto na média final

\* As respostas 7-10 levam +0.05 ponto na média final

OBS: Eu aceito respostas com erro menor que 5%