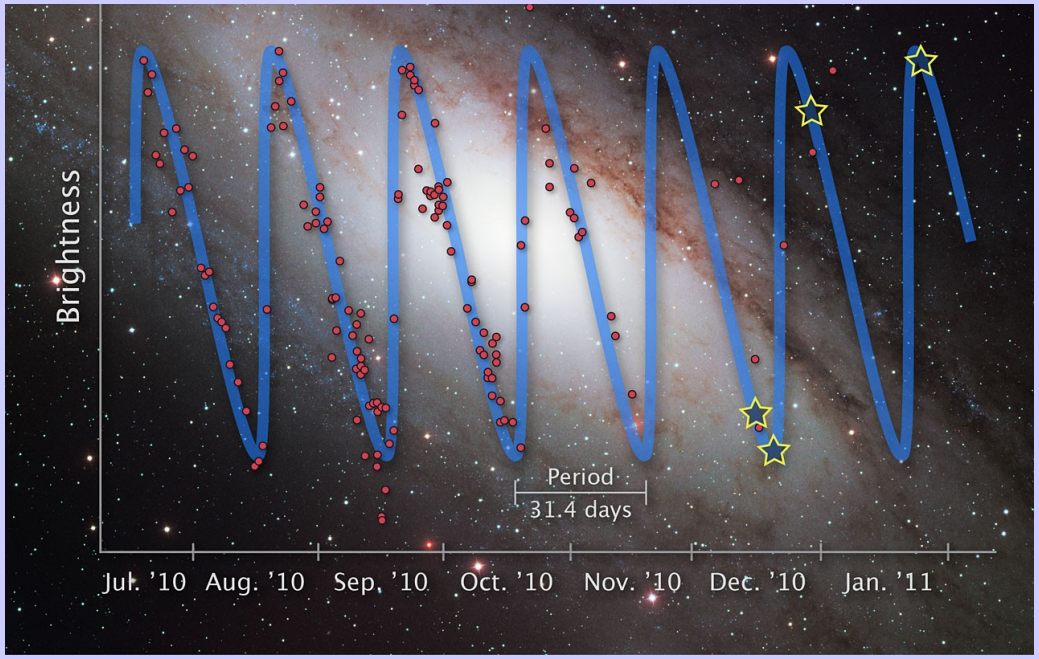
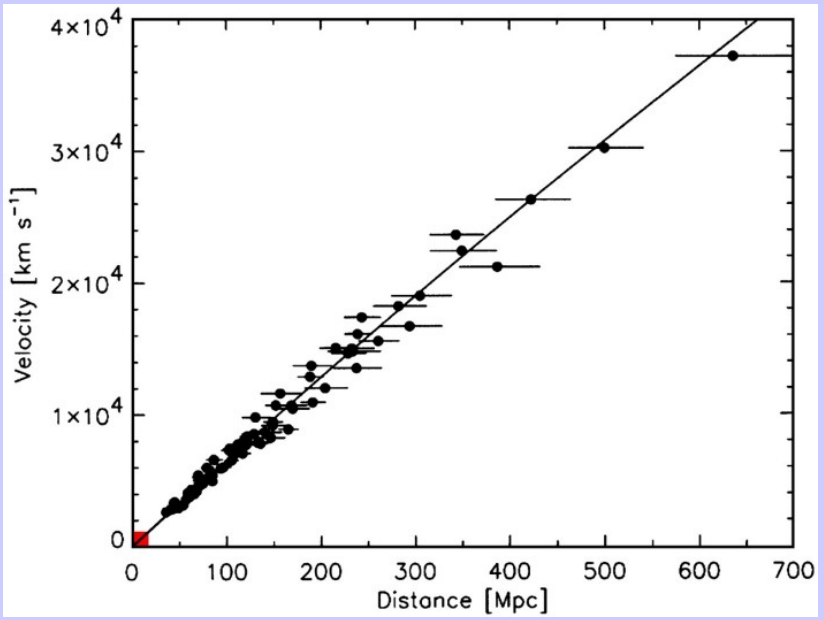
Как определяме разстояния в Космоса?





доц. д-р Тодор Велчев

кат. "Астрономия", Физически факултет

СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ

ОБЩИНА ТРОЯН

Работилница за знания "Две джуджета"

ЧЕРНИ ОСЪМ ПРИРОДОНАУЧЕН МУЗЕЙ Природата учи

Значимостта на задачата

Защо е важно да познаваме космическите разстояния?

Червено джудже
или
червен гигант?





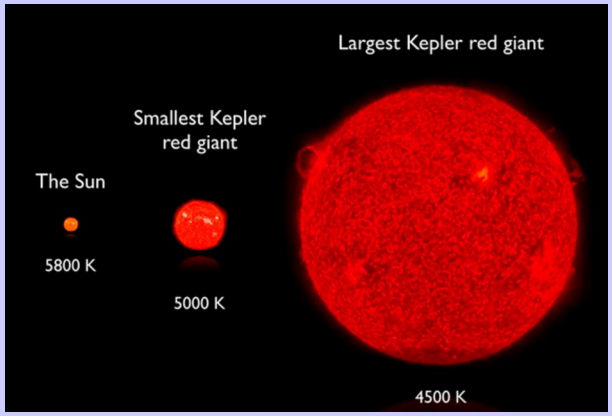
Значимостта на задачата

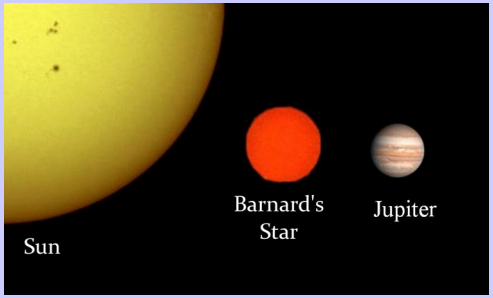
Защо е важно да познаваме космическите разстояния?

Червено джудже
или
червен гигант?







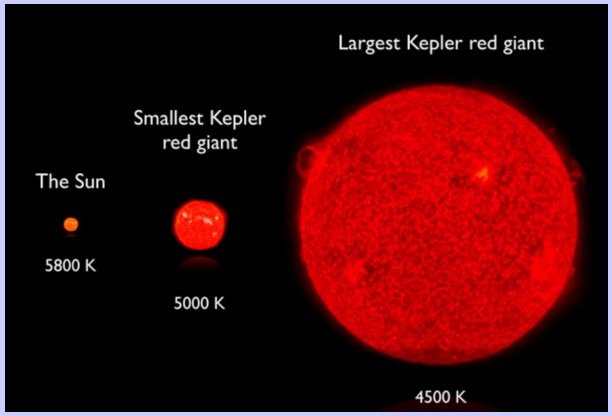


Значимостта на задачата

Защо е важно да познаваме космическите разстояния?

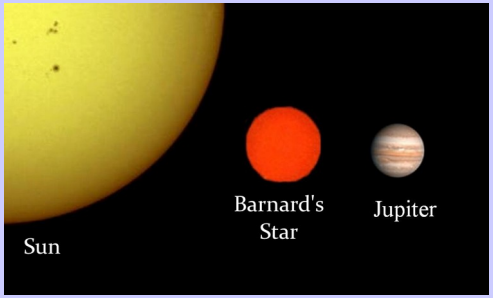
Червено джудже или червен гигант?











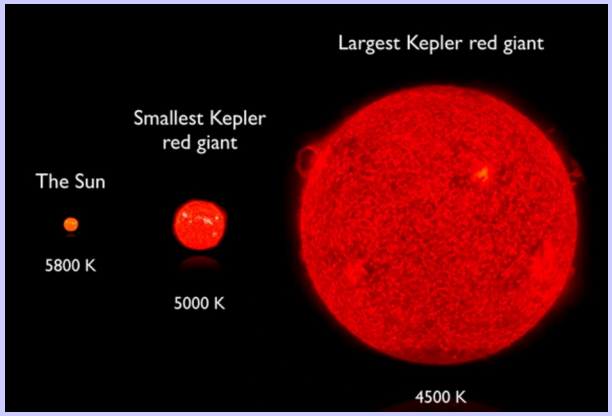
Кълбовиден куп или елиптична галактика?

Значимостта на задачата

Защо е важно да познаваме космическите разстояния?

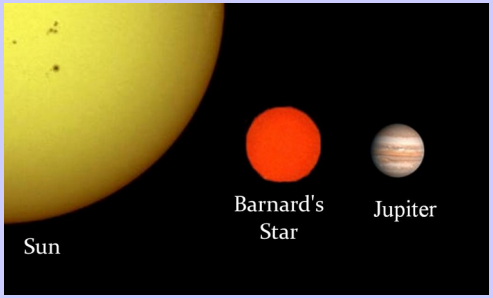
Червено джудже или червен гигант?



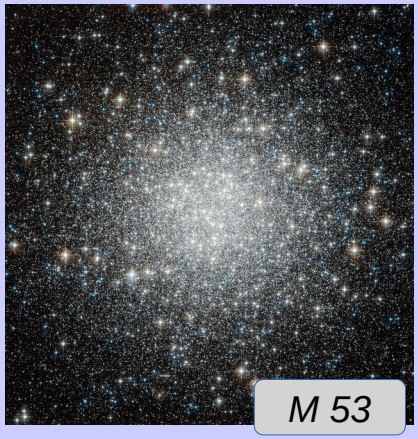


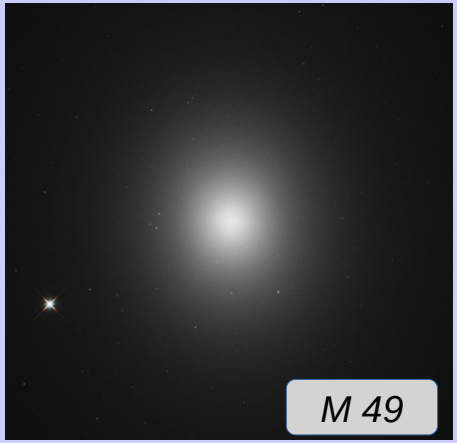






Кълбовиден куп или елиптична галактика?

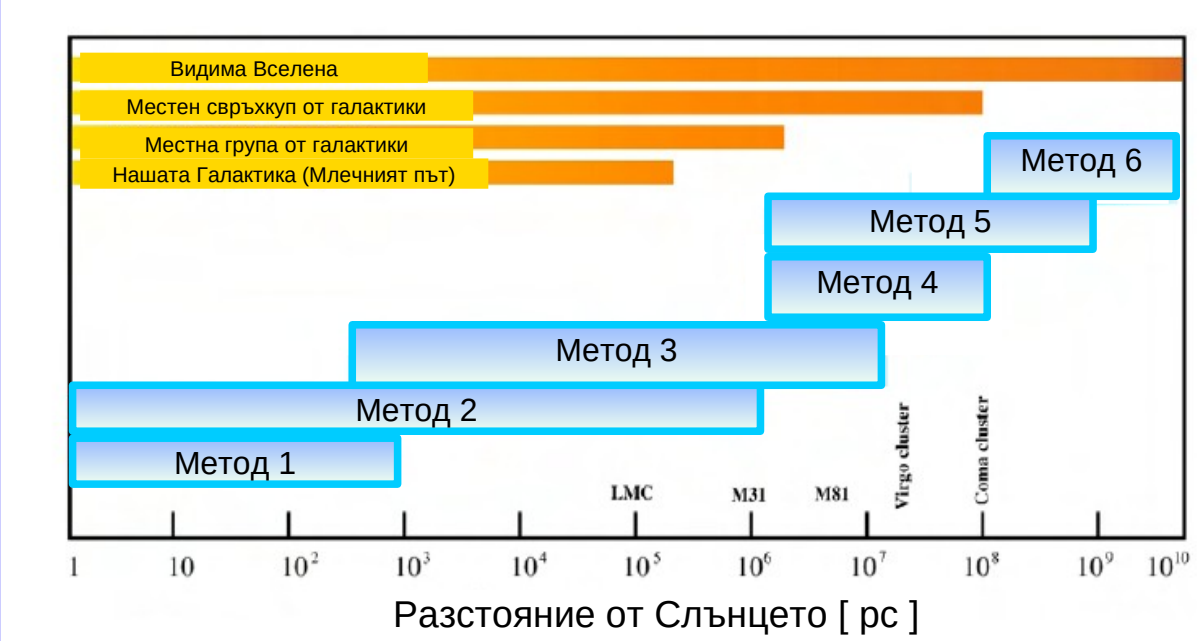




Подход към задачата

„Стълба към Космоса“ (от методи за определяне на разстояния)

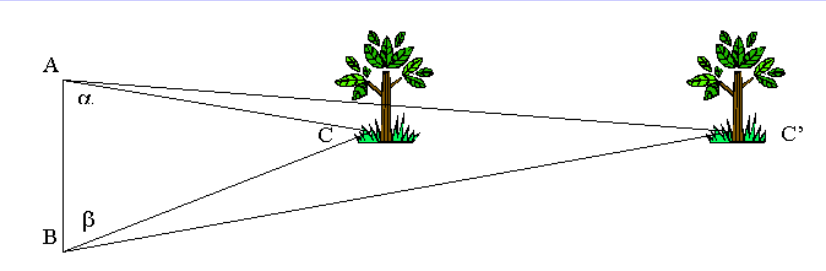




„Калибровка на линийката“

Астрономическата единица (AU) като основа на скалата на разстоянията

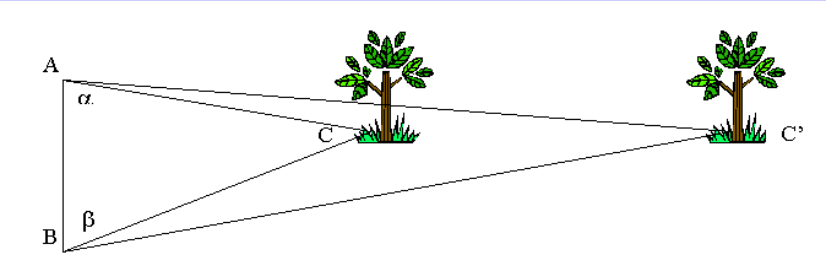
Триангулачен метод
за определяне на разстояния



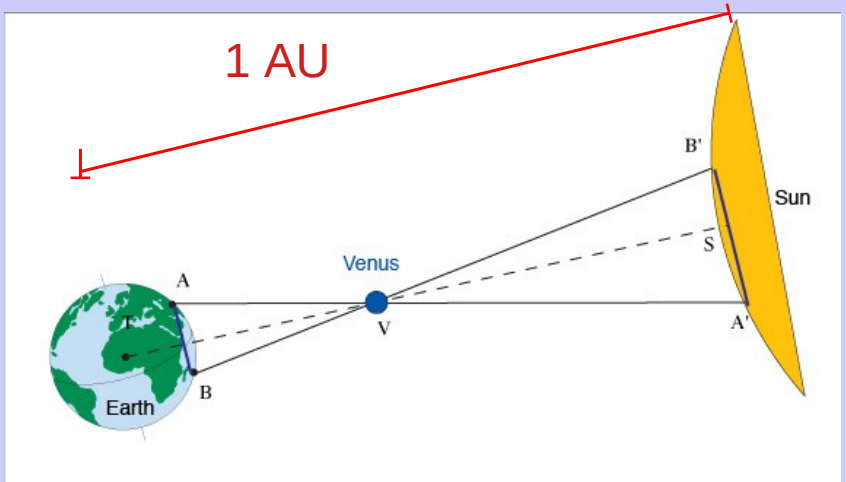
„Калибровка на линийката“

Астрономическата единица (AU) като основа на скалата на разстоянията

Триангулачен метод
за определяне на разстояния



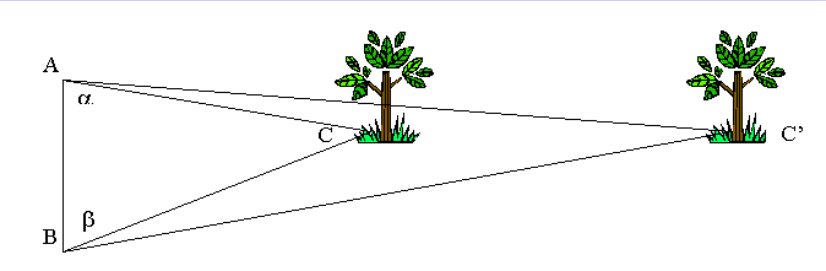
Определяне на астрономическата
единица чрез пасаж на Венера



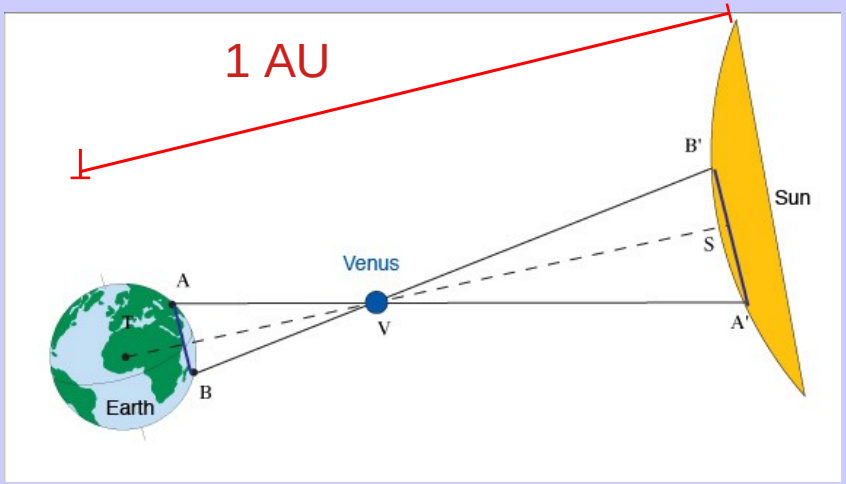
„Калибровка на линийката“

Астрономическата единица (AU) като основа на скалата на разстоянията

Триангулачен метод
за определяне на разстояния

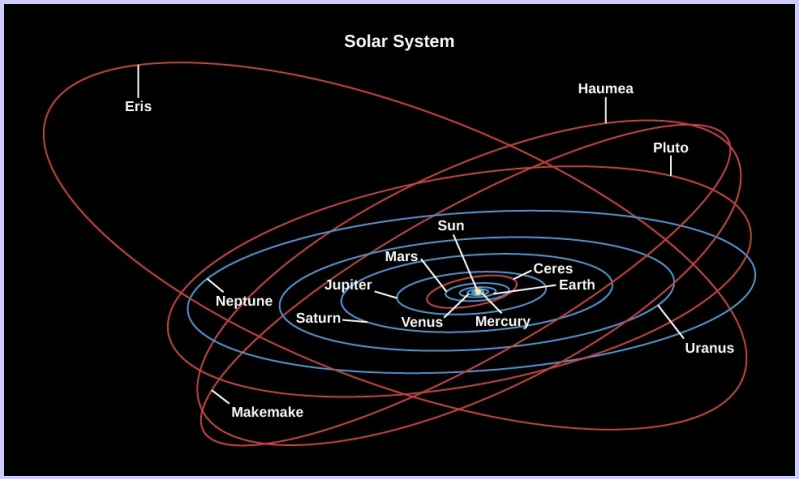


Определяне на астрономическата
единица чрез пасаж на Венера



Определяне на абсолютни разстояния
до обекти в Слънчевата система,
чрез Третия закон на Кеплер

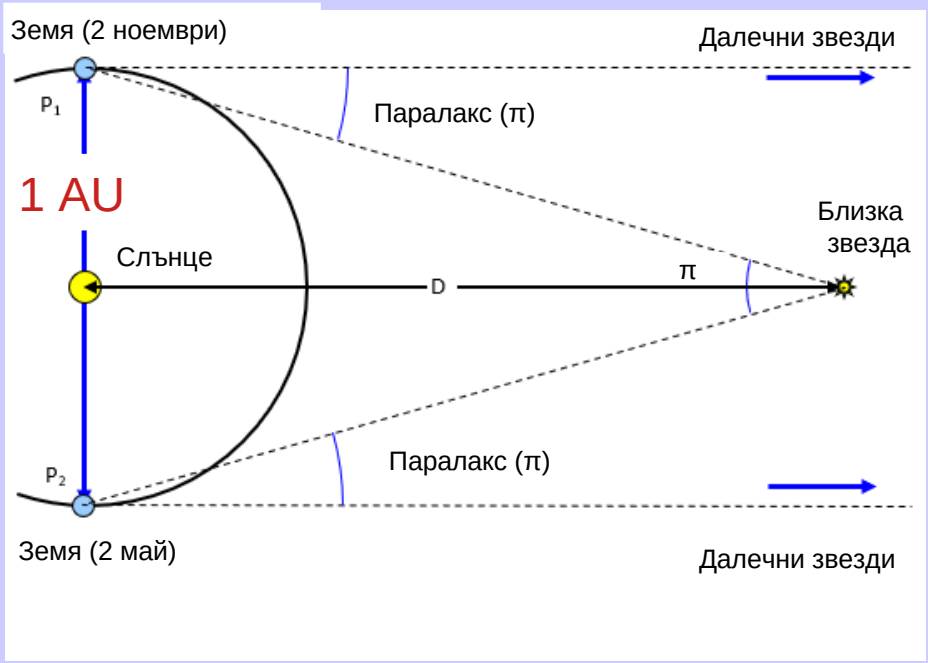
$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G(M+m)}{4\pi^2} \approx \frac{GM}{4\pi^2}$$



В близката околност на Слънцето

Определяне на разстоянието чрез годишния паралакс

Дефиниция на паралакс (паралактичен ъгъл



Дефиниция на парсек (паралакс = 1 секунда)

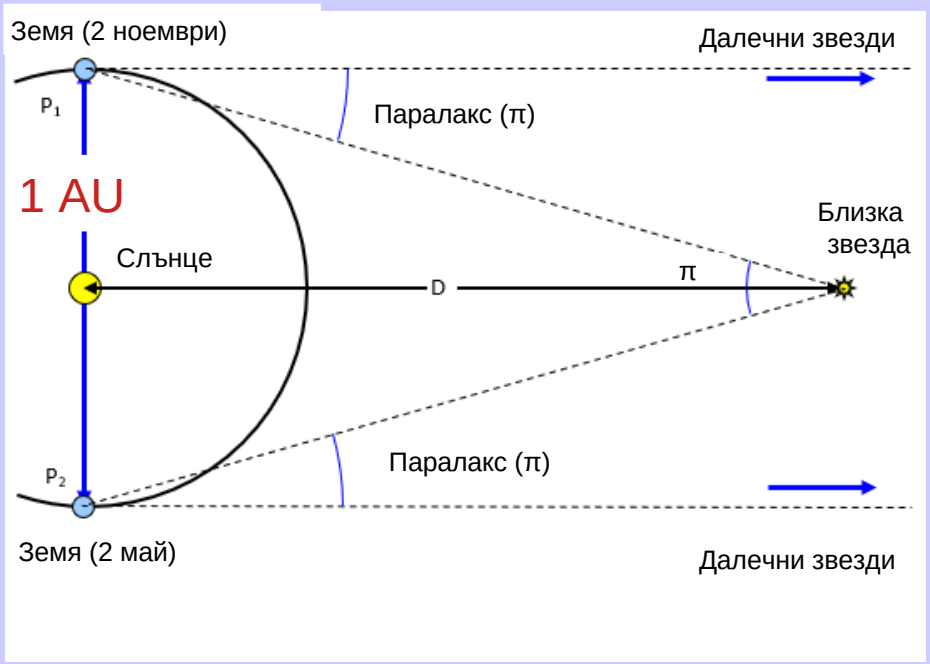
$$\pi\,[''] = \frac{1}{D\,[\mathrm{pc}]};$$

$$1\ \ \mathrm{pc} \approx 206264.81\ \mathrm{AU} = 3.085 \times 10^{13}\ \mathrm{km} = 3.26\ \ \mathrm{l.y.}$$

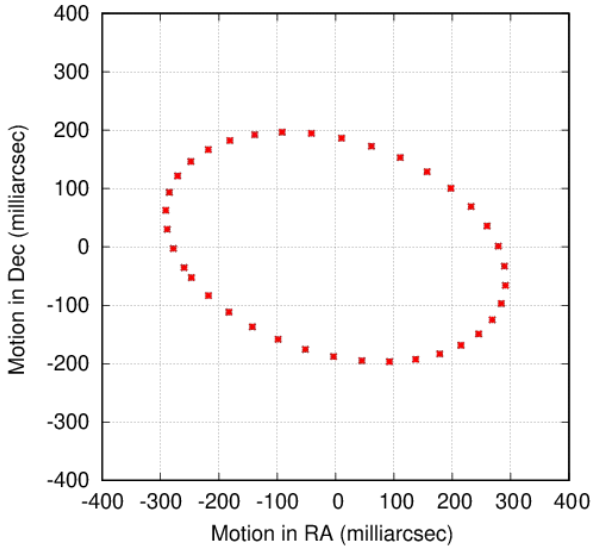
В близката околност на Слънцето

Определяне на разстоянието чрез годишния паралакс

Дефиниция на паралакс (паралактичен ъгъл



Паралактична елипса



Дефиниция на парсек (паралакс = 1 секунда)

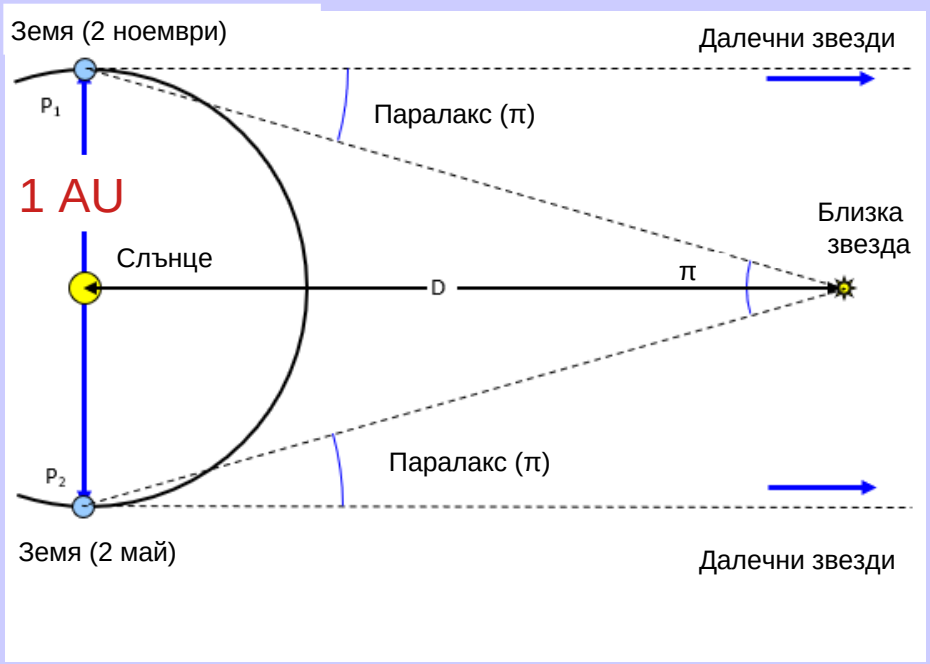
$$\pi\,[''] = \frac{1}{D\,[\mathrm{pc}]};$$

$$1\ \ \mathrm{pc} \approx 206264.81\ \mathrm{AU} = 3.085 \times 10^{13}\ \mathrm{km} = 3.26\ \ \mathrm{l.y.}$$

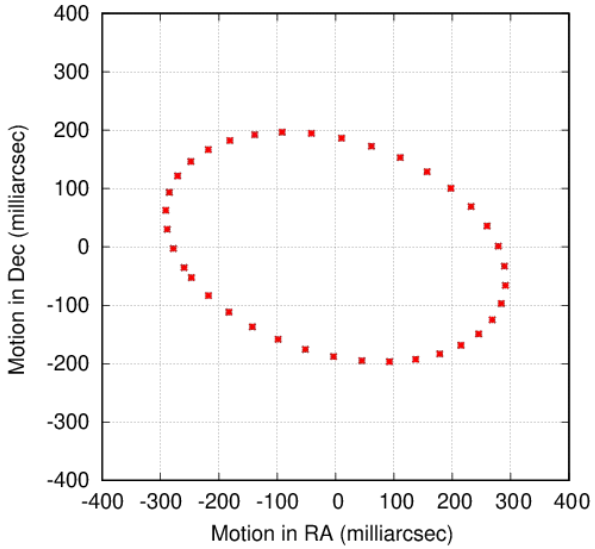
В близката околност на Слънцето

Определяне на разстоянието чрез годишния паралакс

Дефиниция на паралакс (паралактичен ъгъл



Паралактична елипса

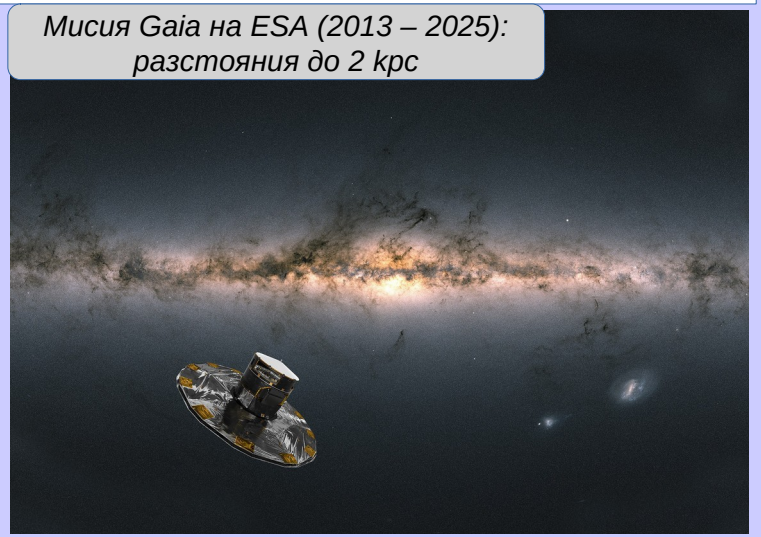


Дефиниция на парсек (паралакс = 1 секунда)

$$\pi\,[''] = \frac{1}{D\,[\mathrm{pc}]};$$

$$1\ \ \mathrm{pc} \approx 206264.81\ \mathrm{AU} = 3.085 \times 10^{13}\ \mathrm{km} = 3.26\ \ \mathrm{l.y.}$$

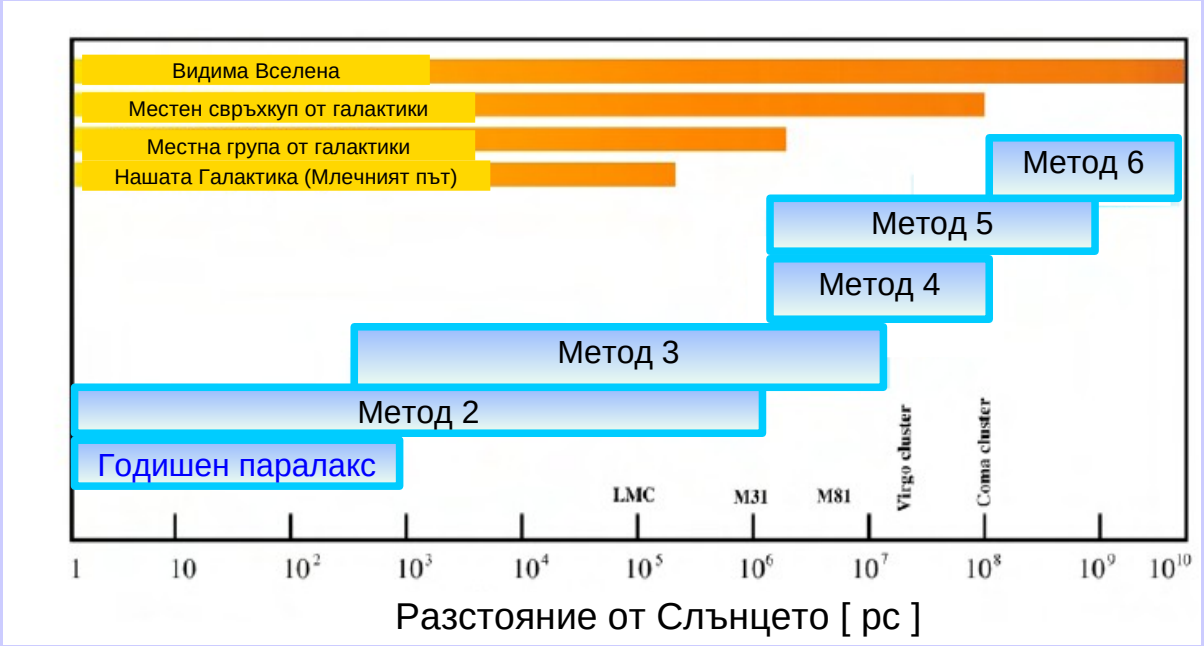
Мисия Gaia на ESA (2013 – 2025): разстояния до 2 kpc



Изграждане на „стълбата към Космоса“

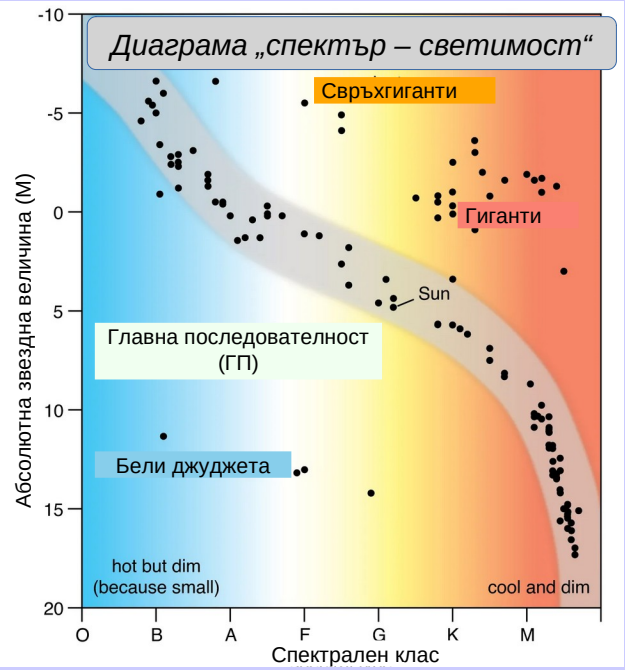
Разстояния в Слънчевата околност





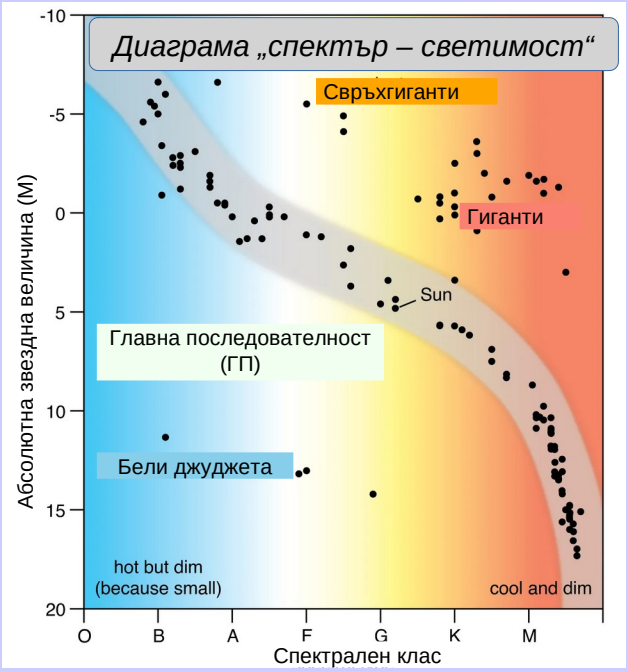
Разстояния до отделни звезди в Галактиката

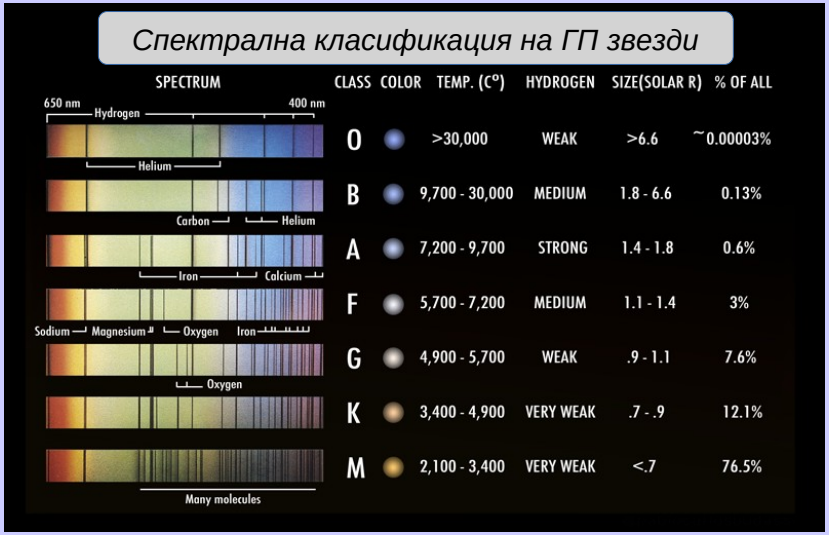
Метод на „спектроскопичния паралакс“



Разстояния до отделни звезди в Галактиката

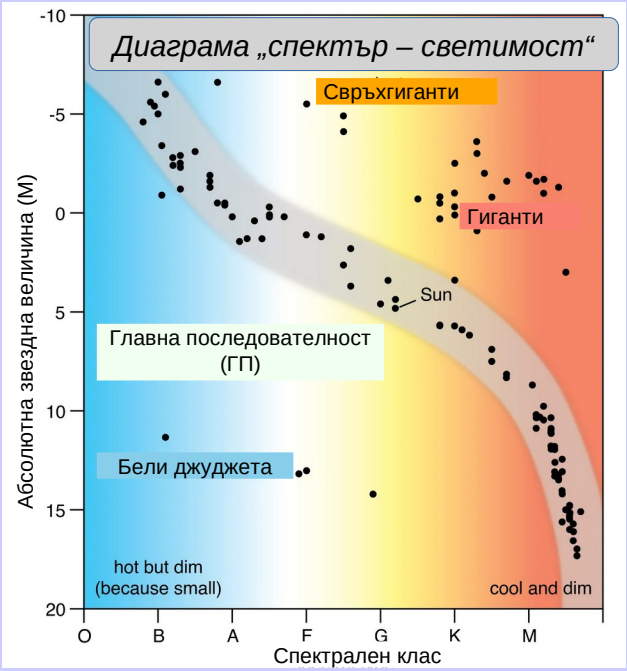
Метод на „спектроскопичния паралакс“

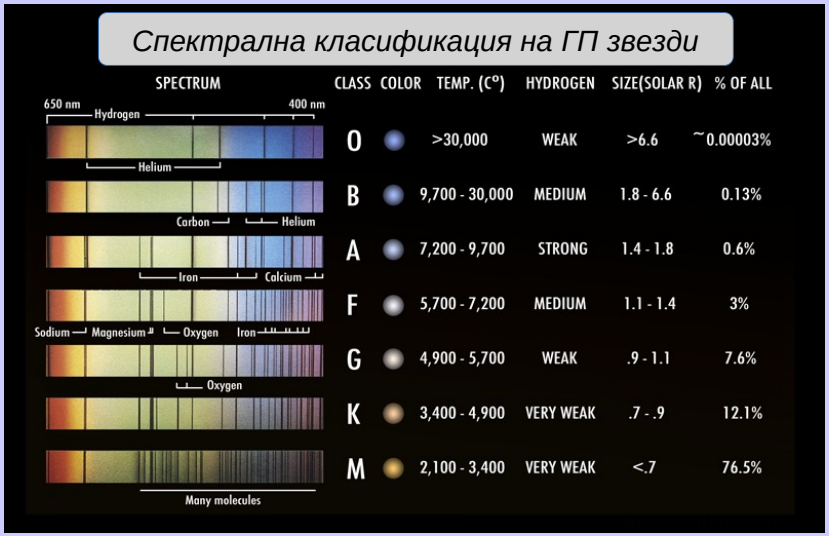


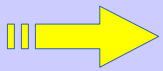


Разстояния до отделни звезди в Галактиката

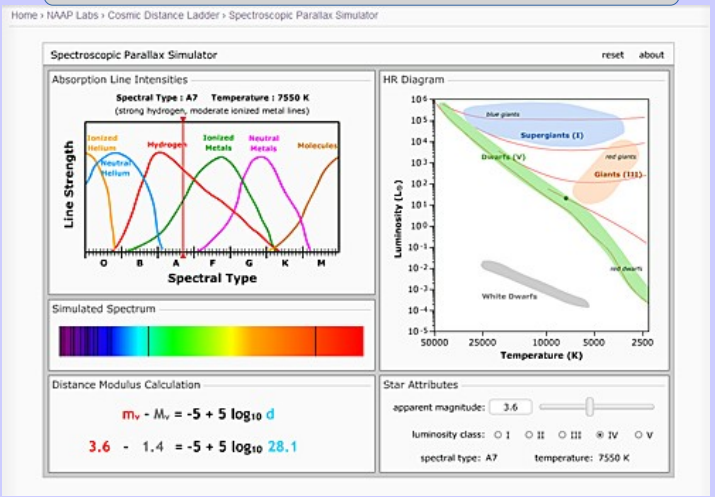
Метод на „спектроскопичния паралакс“





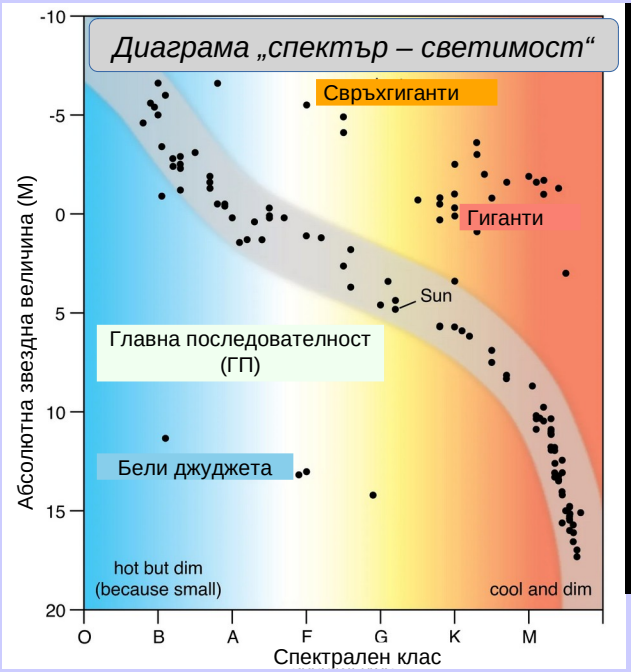


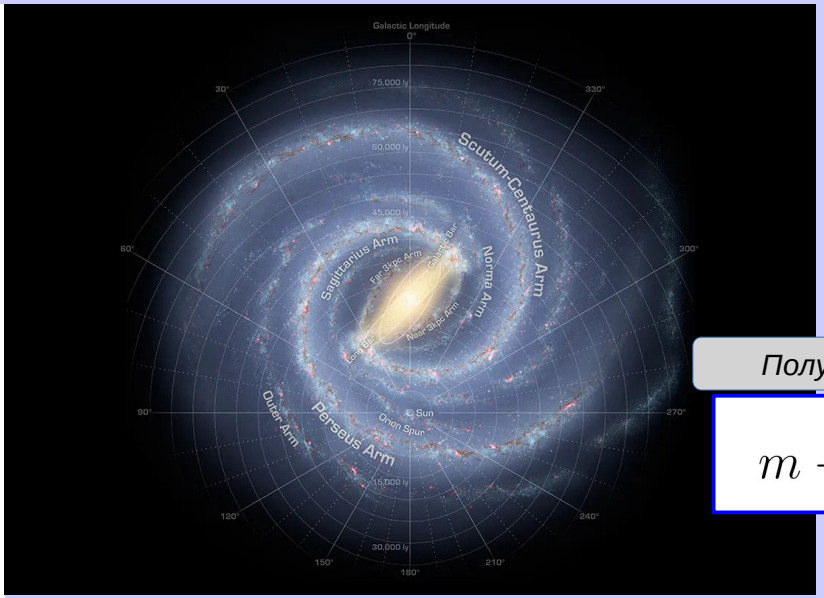
Определяне на класа и M на звездата



Разстояния до отделни звезди в Галактиката

Метод на „спектроскопичния паралакс“

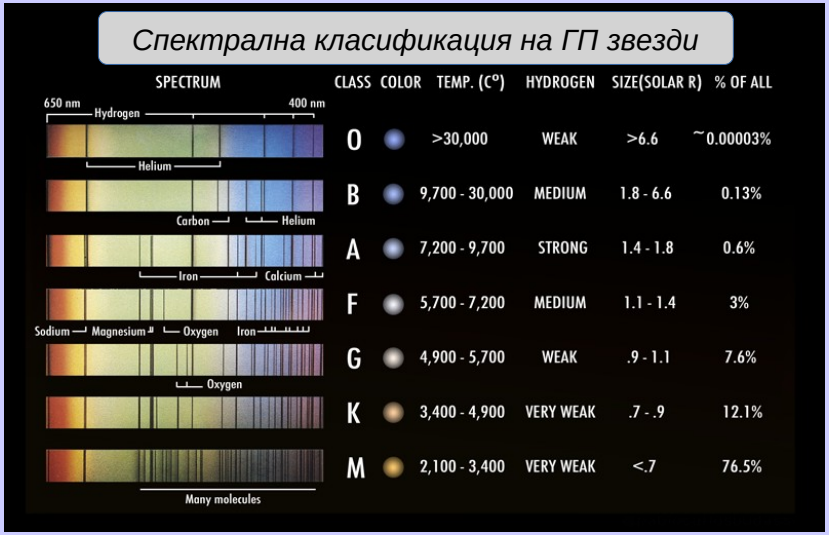


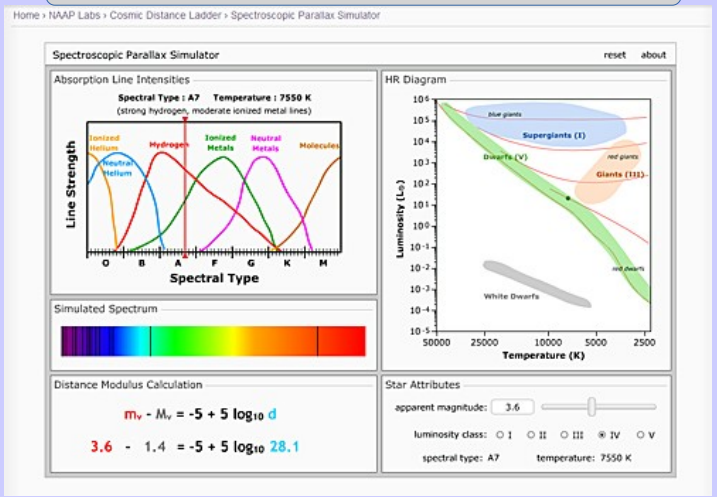


Получаване на разстоянието

$$m - M = 5 \lg D - 5$$

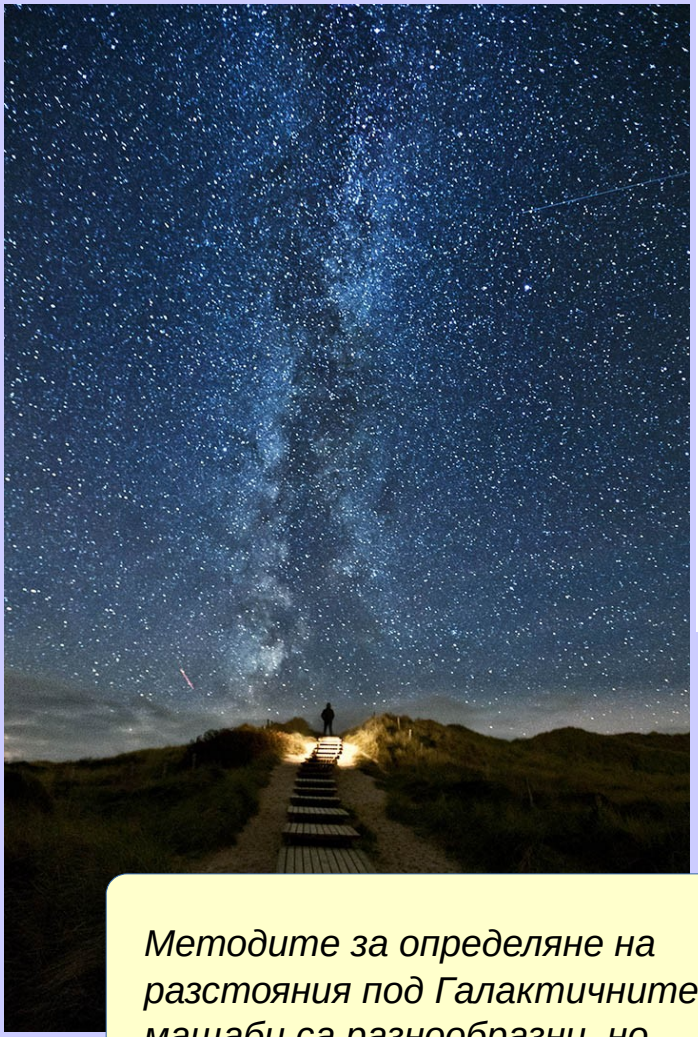
Определяне на класа и M на звездата

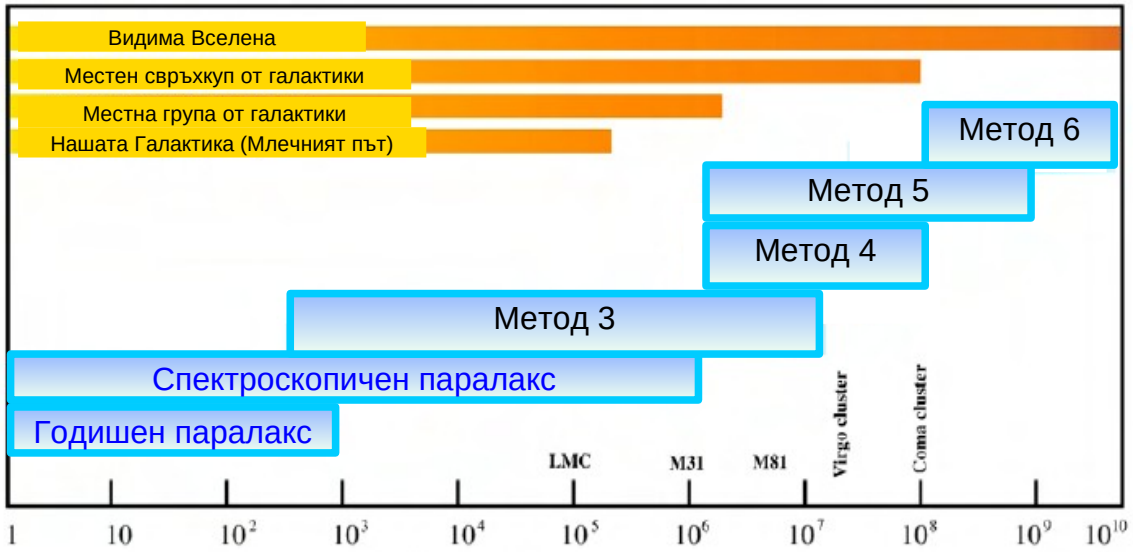




Изграждане на „стълбата към Космоса“

Разстояния в рамките на Местната група

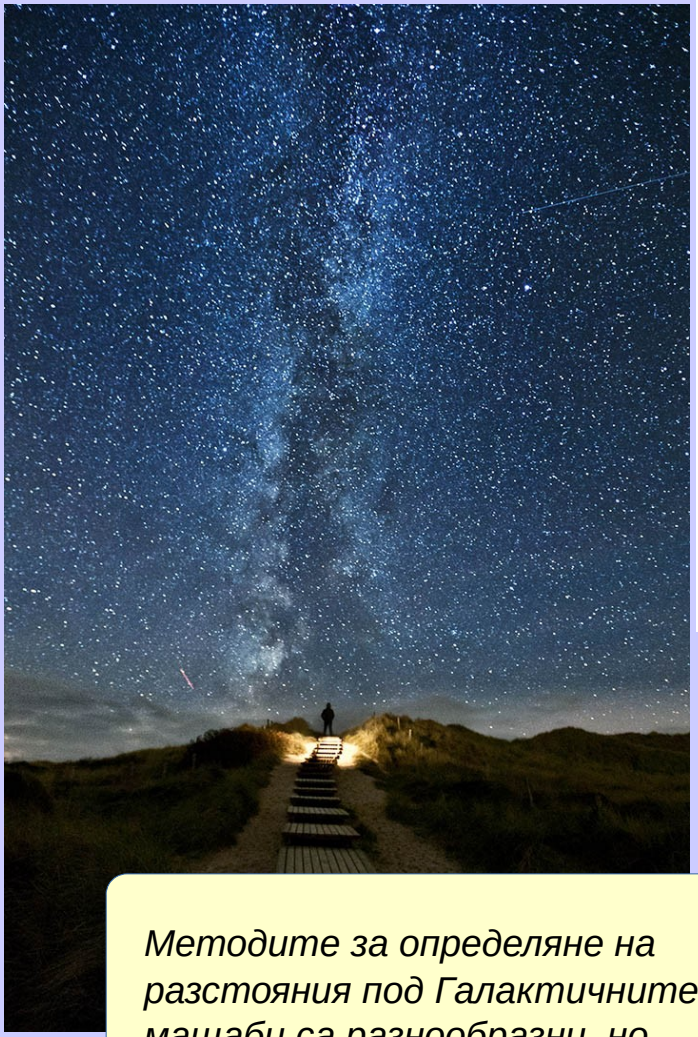


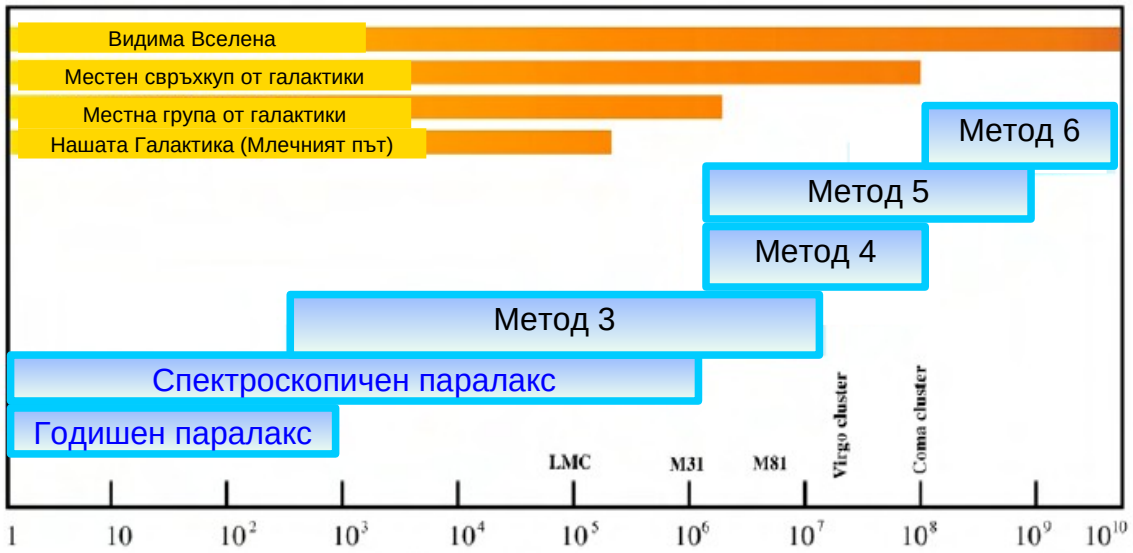


Методите за определяне на разстояния под Галактичните мащаби са разнообразни, но всички предполагат добри наблюдения на отделни звезди

Изграждане на „стълбата към Космоса“

Разстояния в рамките на Местната група



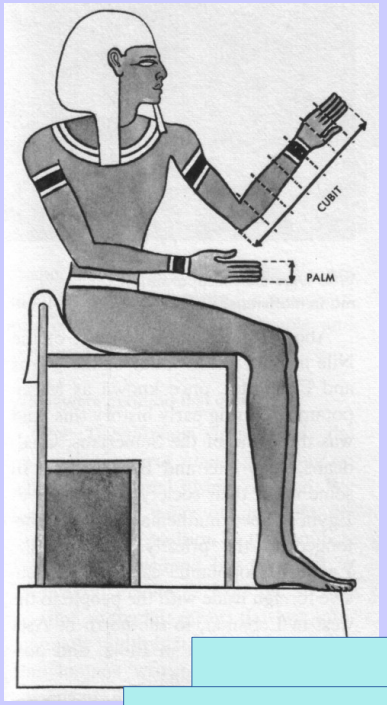


Методите за определяне на разстояния под Галактичните мащаби са разнообразни, но всички предполагат добри наблюдения на отделни звезди

На Вселенски мащаби
ще ни трябват методи,
работещи с обекти, наблюдаеми
(различими) на големи разстояния!

В търсене на подход към Вселенските мащаби

„Стандартни пръчки“ или „стандартни свещи“?

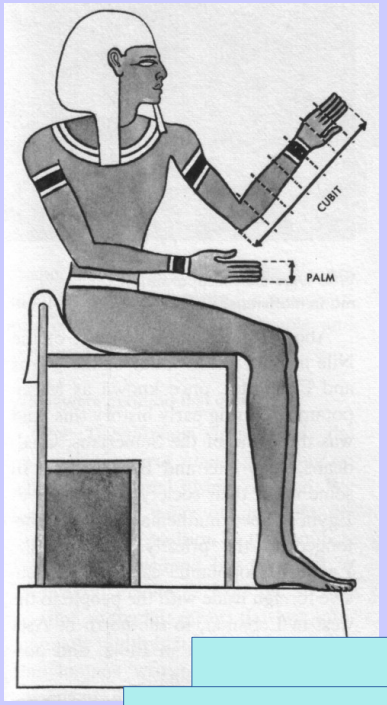


„Стандартни пръчки“ в Космоса?

- Трябва да бъдат различими на космологични разстояния
- Трябва да имат ясно различими краища
- Трябва да имат постоянни размери

В търсене на подход към Вселенските мащаби

„Стандартни пръчки“ или „стандартни свещи“?



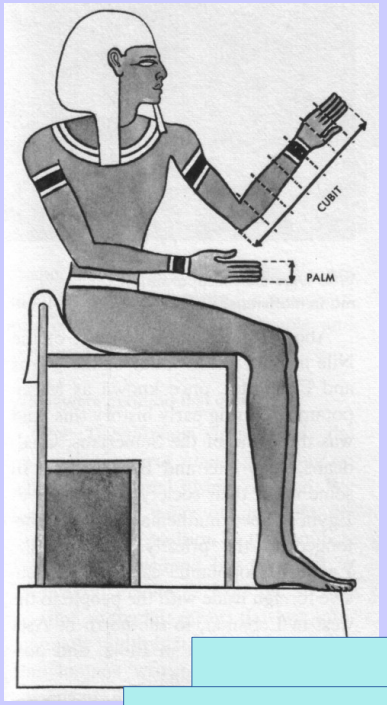
„Стандартни пръчки“ в Космоса?

- Трябва да бъдат различими на космологични разстояния
- Трябва да имат ясно различими краища
- Трябва да имат постоянни размери

Галактики, купове от галактики?

В търсене на подход към Вселенските мащаби

„Стандартни пръчки“ или „стандартни свещи“?



„Стандартни пръчки“ в Космоса?

- Трябва да бъдат различими на космологични разстояния
- Трябва да имат ясно различими краища
- Трябва да имат постоянни размери

Галактики, купове от галактики?

„Стандартни свещи“ в Космоса?

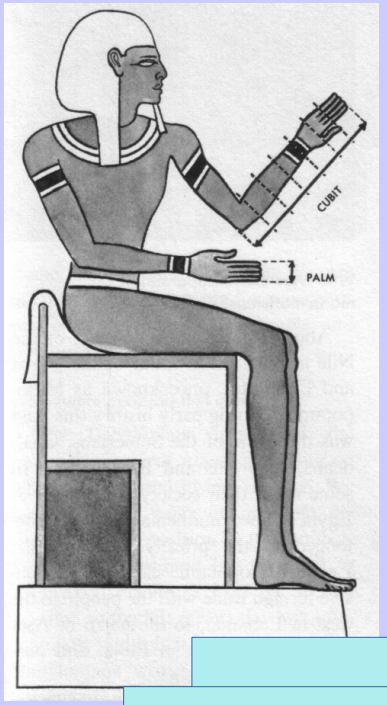
- Трябва да бъдат видими на космологични разстояния
- Трябва да имат постоянна светимост

или

- Светимостта им да зависи от друг наблюдателен параметър

В търсене на подход към Вселенските мащаби

„Стандартни пръчки“ или „стандартни свещи“?



Има такива обекти!
В зависимост от точността си, те биват „първични“ или „вторични“ свещи.

„Стандартни пръчки“ в Космоса?

- Трябва да бъдат различими на космологични разстояния
- Трябва да имат ясно различими краища
- Трябва да имат постоянни размери

Галактики, купове от галактики?

„Стандартни свещи“ в Космоса?

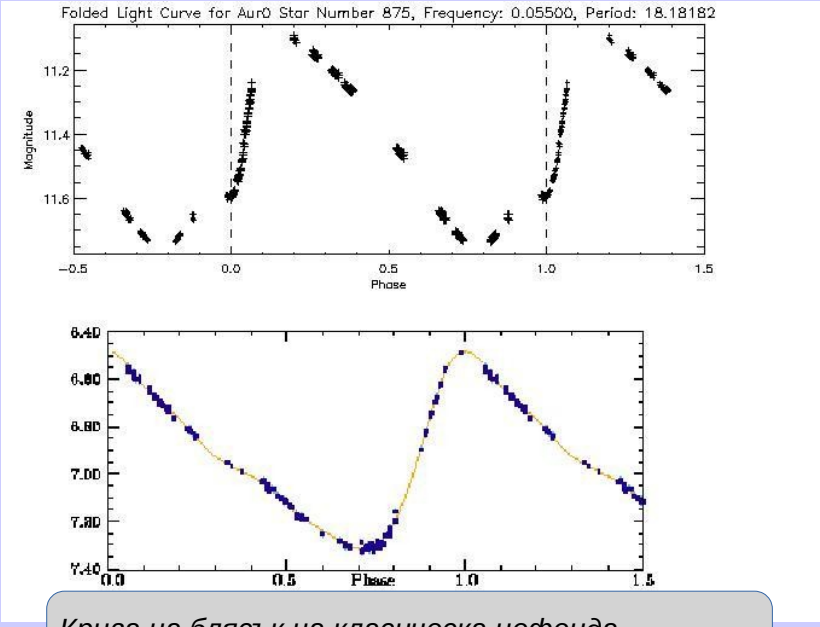
- Трябва да бъдат видими на космологични разстояния
- Трябва да имат постоянна светимост

или

- Светимостта им да зависи от друг наблюдателен параметър

Разстояния до галактики в Местния обем

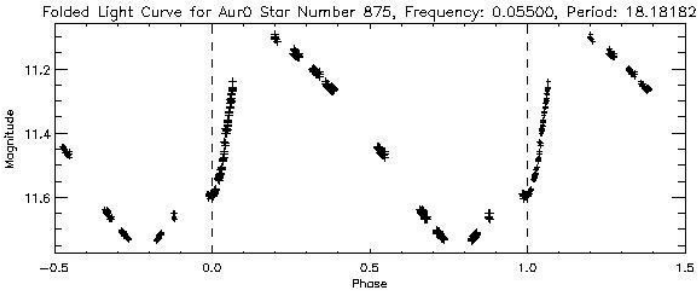
Класическите цефеиди като „стандартни свещи“



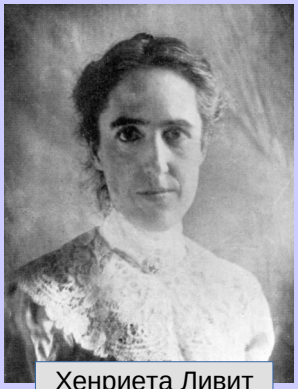
Крива на блясък на класическа цефеида (звезда от тип δ Сер)

Разстояния до галактики в Местния обем

Класическите цефеиди като „стандартни свещи“

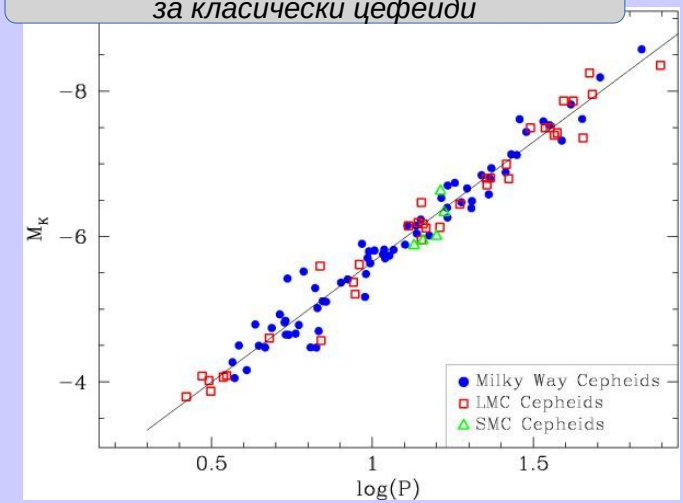


Крива на блясък на класическа цефеида (звезда от тип δ Сер)



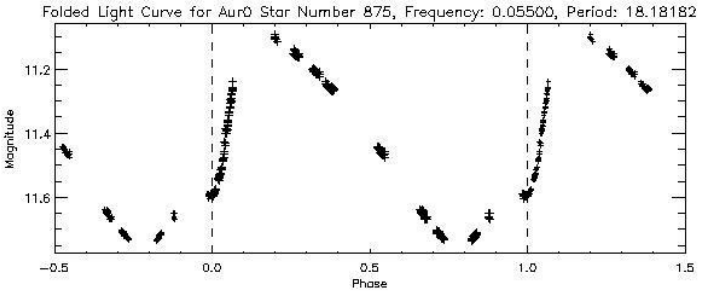
Хенриета Ливит (1868 – 1921)

Съотношение „период – светимост“ за класически цефеиди

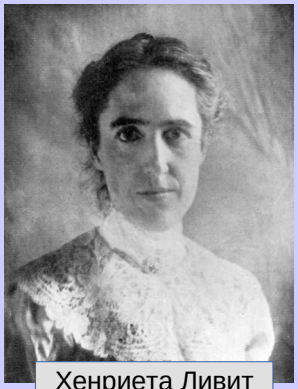


Разстояния до галактики в Местния обем

Класическите цефеиди като „стандартни свещи“

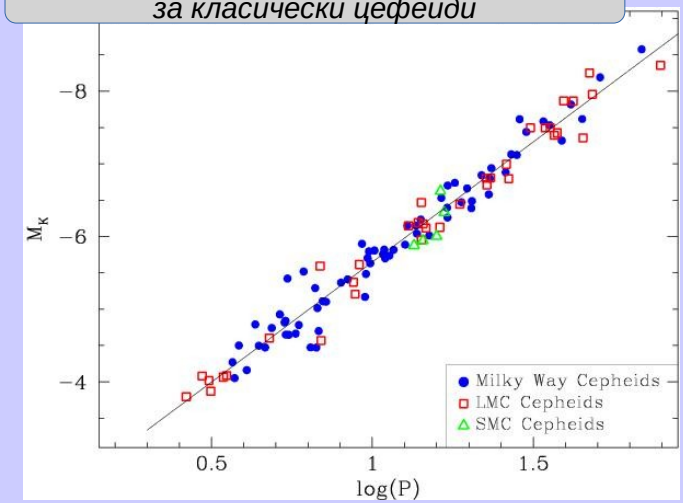


Крива на блясък на класическа цефеида (звезда от тип δ Сер)



Хенриета Ливит (1868 – 1921)

Съотношение „период – светимост“ за класически цефеиди

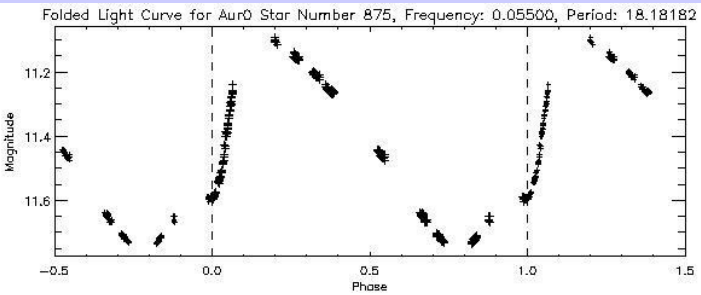


$$M_v = (-2.43 \pm 0.12)\,(\log_{10} P - 1) - (4.05 \pm 0.02)$$

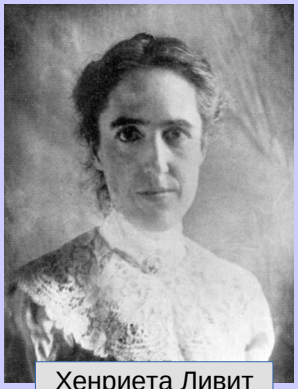
$$m - M = 5 \lg D - 5$$

Разстояния до галактики в Местния обем

Класическите цефеиди като „стандартни свещи“

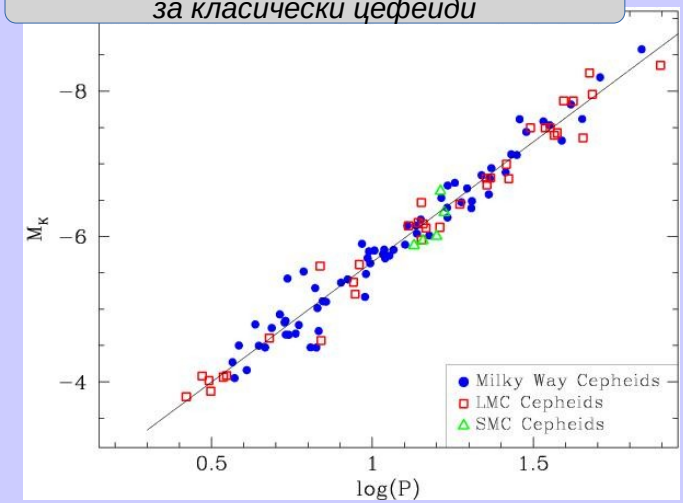


Крива на блясък на класическа цефеида (звезда от тип δ Сер)



Хенриета Ливит (1868 – 1921)

Съотношение „период – светимост“ за класически цефеиди



$$M_v = (-2.43 \pm 0.12)\,(\log_{10} P - 1) - (4.05 \pm 0.02)$$

$$m - M = 5 \lg D - 5$$



Едуин Хъбъл (1889 – 1953)

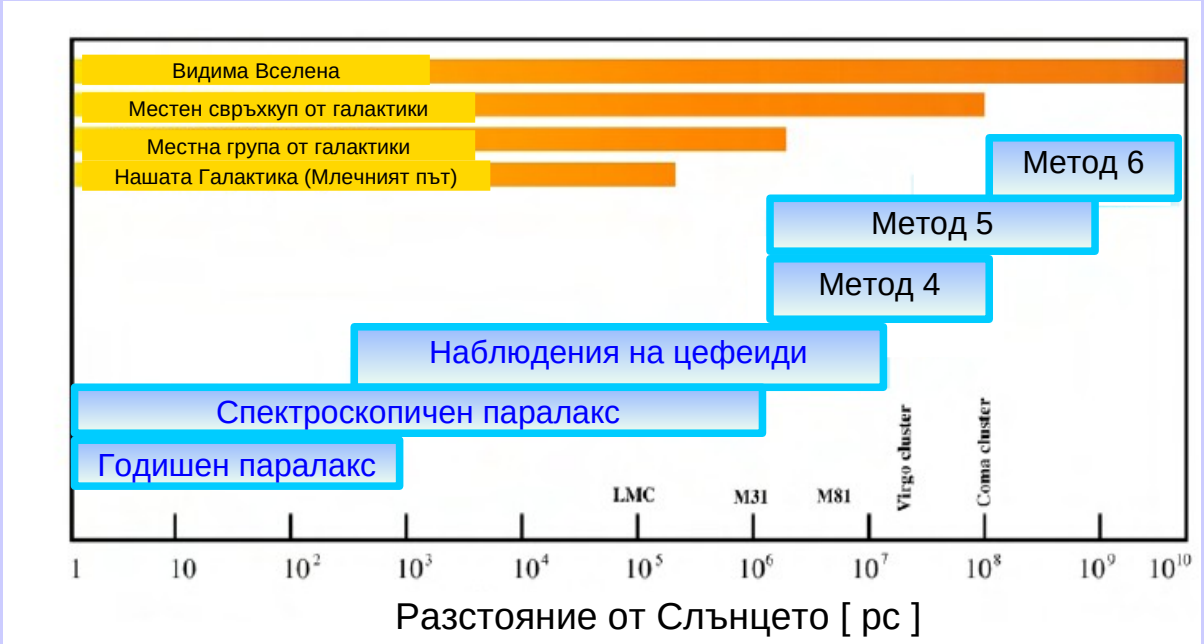


Една от цефеидите в галактиката Андромеда (M 31), открита от Едуин Хъбъл

Изграждане на „стълбата към Космоса“

Разстояния в Местния обем от Вселената





Разстояния до далечни галактики

Свръхновите от тип Ia като „стандартни свещи“



G299: останка от SN Ia



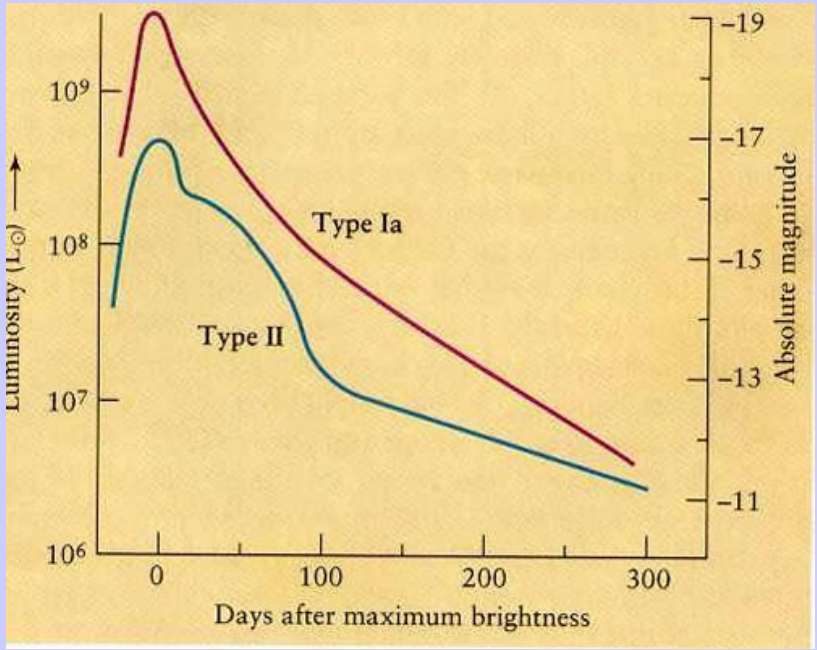
Разстояния до далечни галактики

Свръхновите от тип Ia като „стандартни свещи“



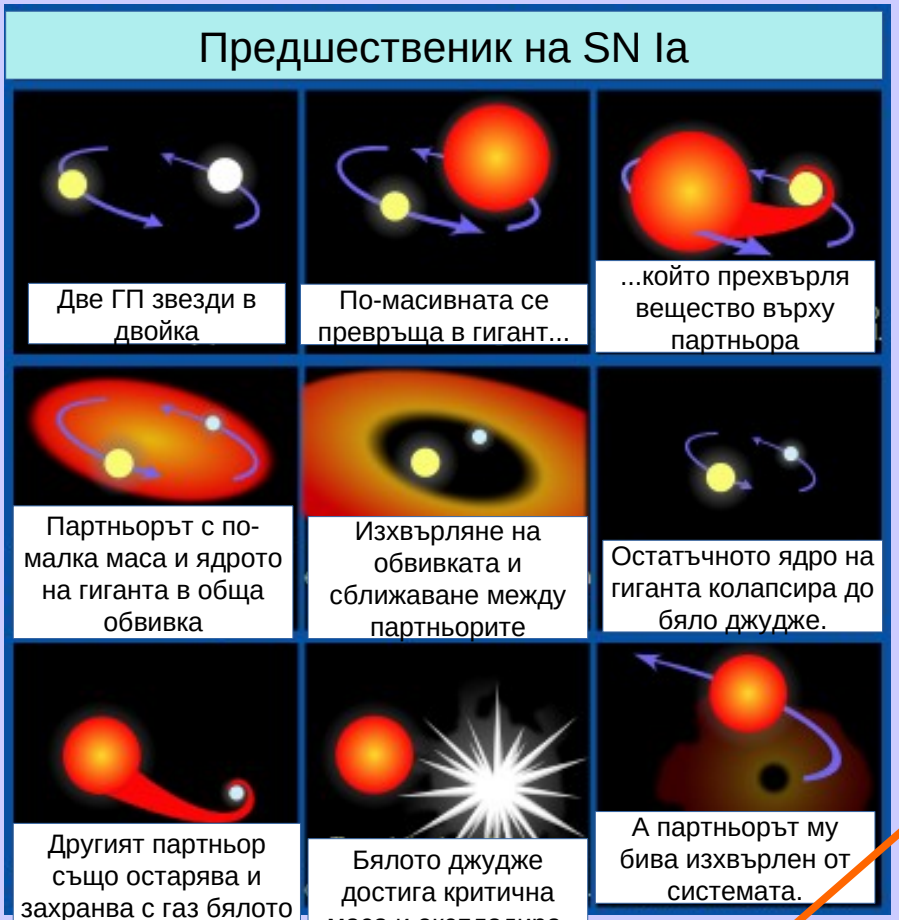
G299: останка от SN Ia





Разстояния до далечни галактики

Свръхновите от тип Ia като „стандартни свещи“

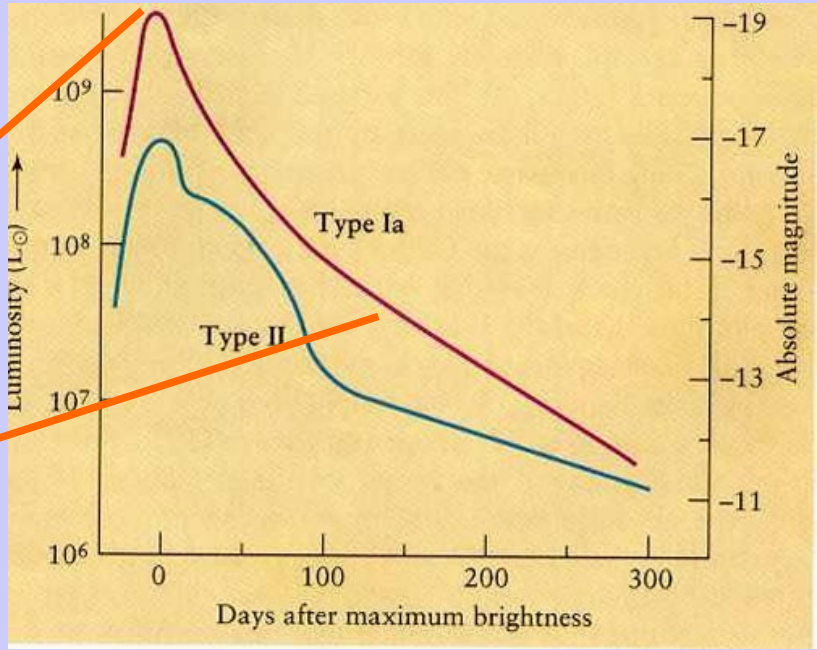


G299: останка от SN Ia



Една и съща L_{max} в максимума

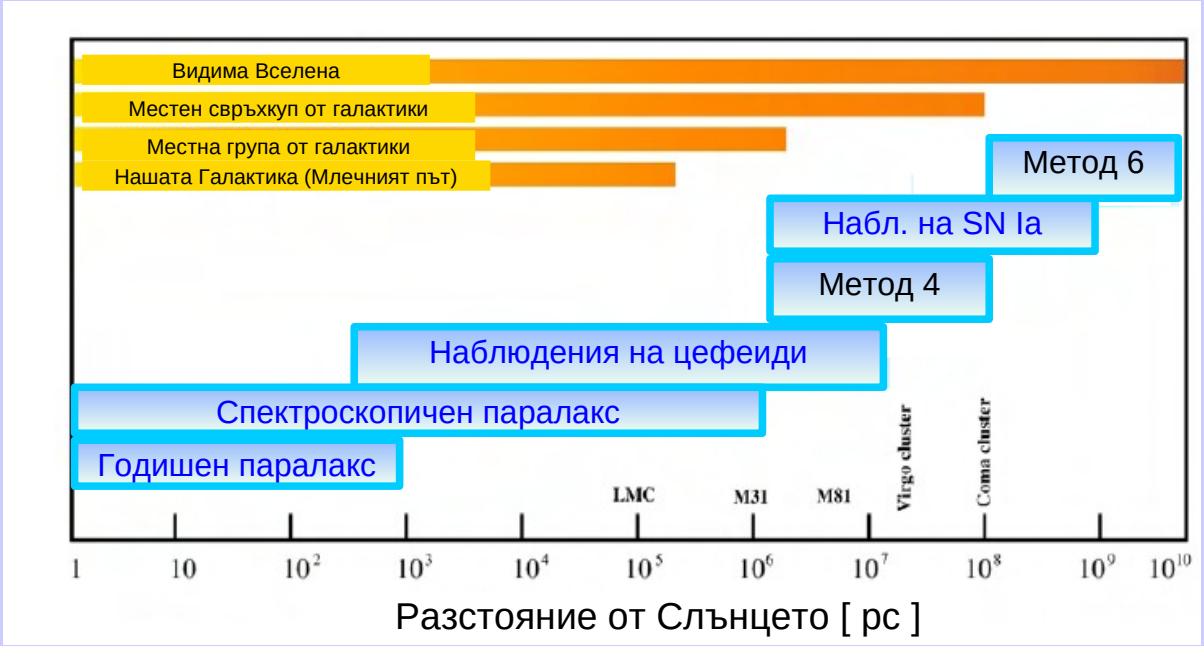
Ясна корелация между L_{max} и скорост на спадане на блясъка



Изграждане на „стълбата към Космоса“

Разстояния в по-далечната Вселена





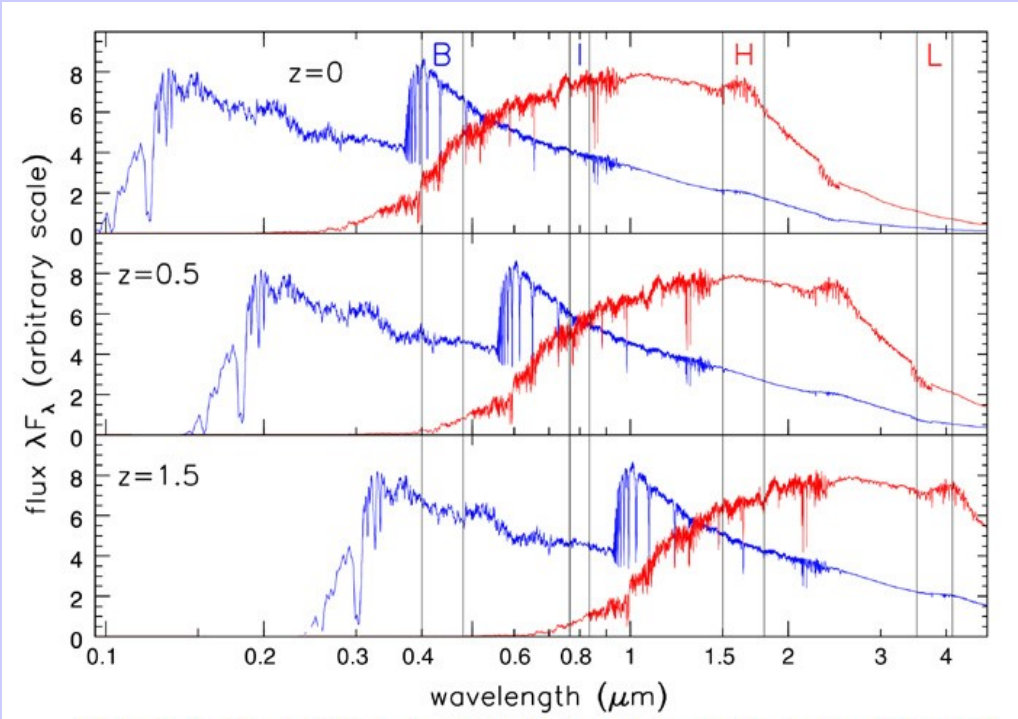
Разстояния в далечната Вселена

Закон на Хъбъл

Червено отместване

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}}$$

Спектри на галактики с различно червено отместване

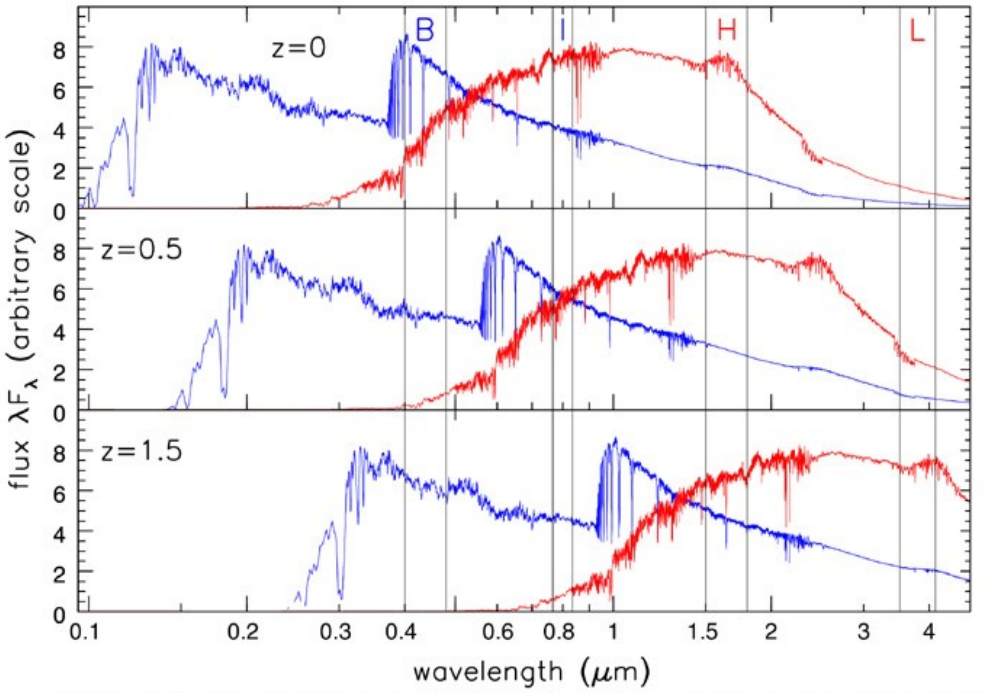


Разстояния в далечната Вселена

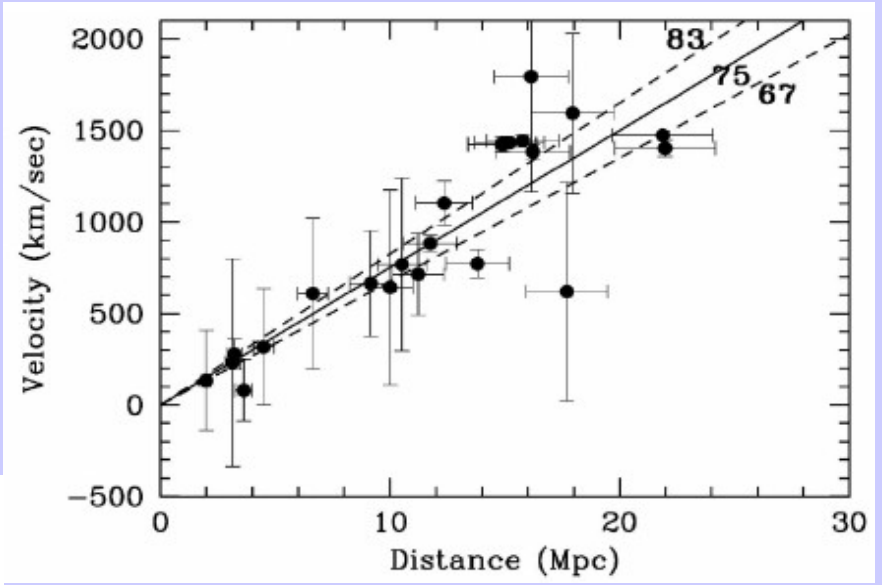
Закон на Хъбъл

Червено отместване

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}}$$



Спектри на галактики с различно червено отместване



Закон на Hubble по извадка от близки галактики (Freedman et al. 2001)

$$z = \frac{H_0}{c} r$$

$$v = H_0 r$$

H_0 - “константа” на Хъбъл [km/s.Mpc]

Изграждане на „стълбата към Космоса“

Космологични разстояния



