

# **Астрономия**

**Сурдин В.Г.**

**Лекция 11**

Измерение расстояний до космических тел.

Параллакс.

Единицы расстояния в астрономии.

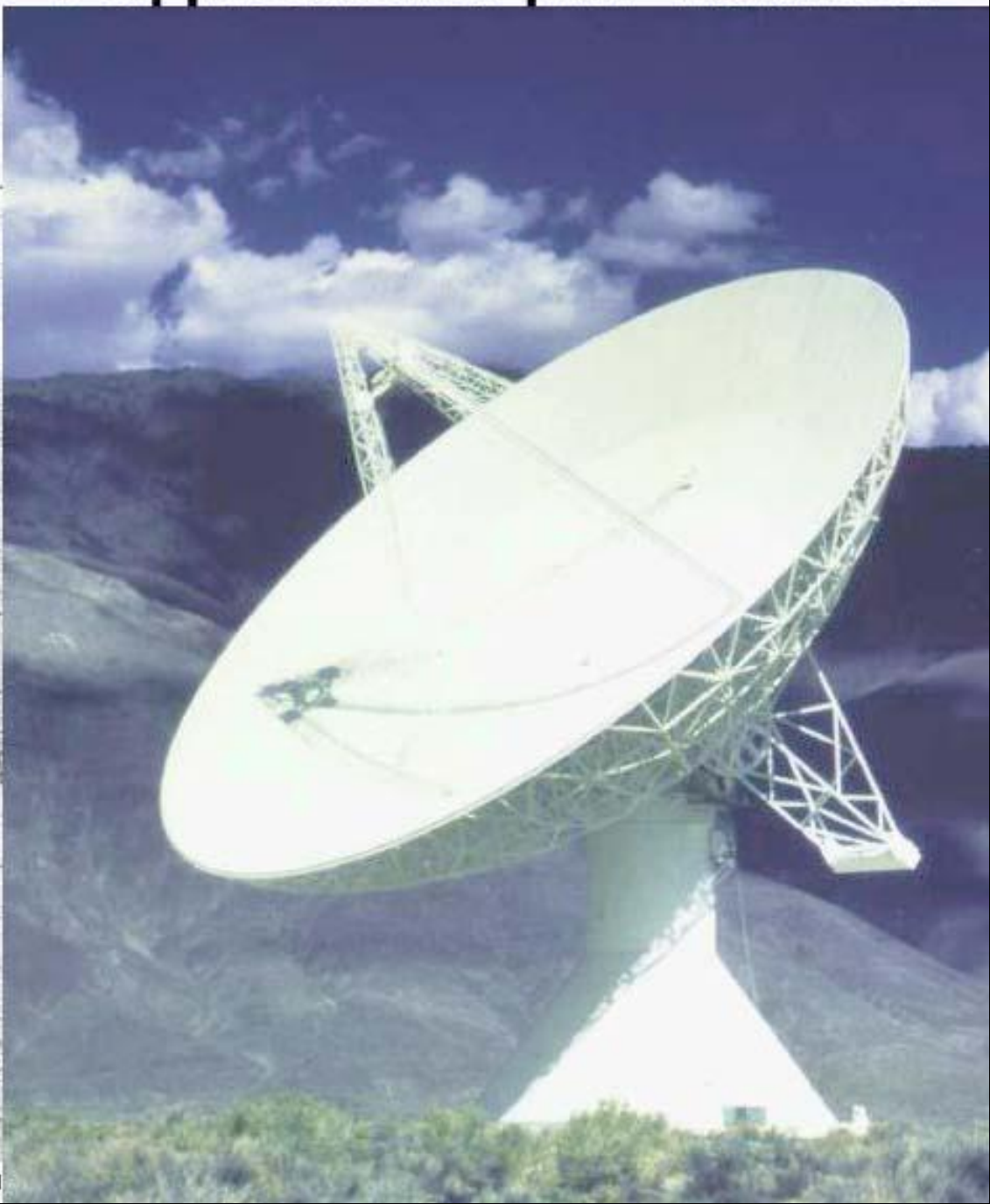
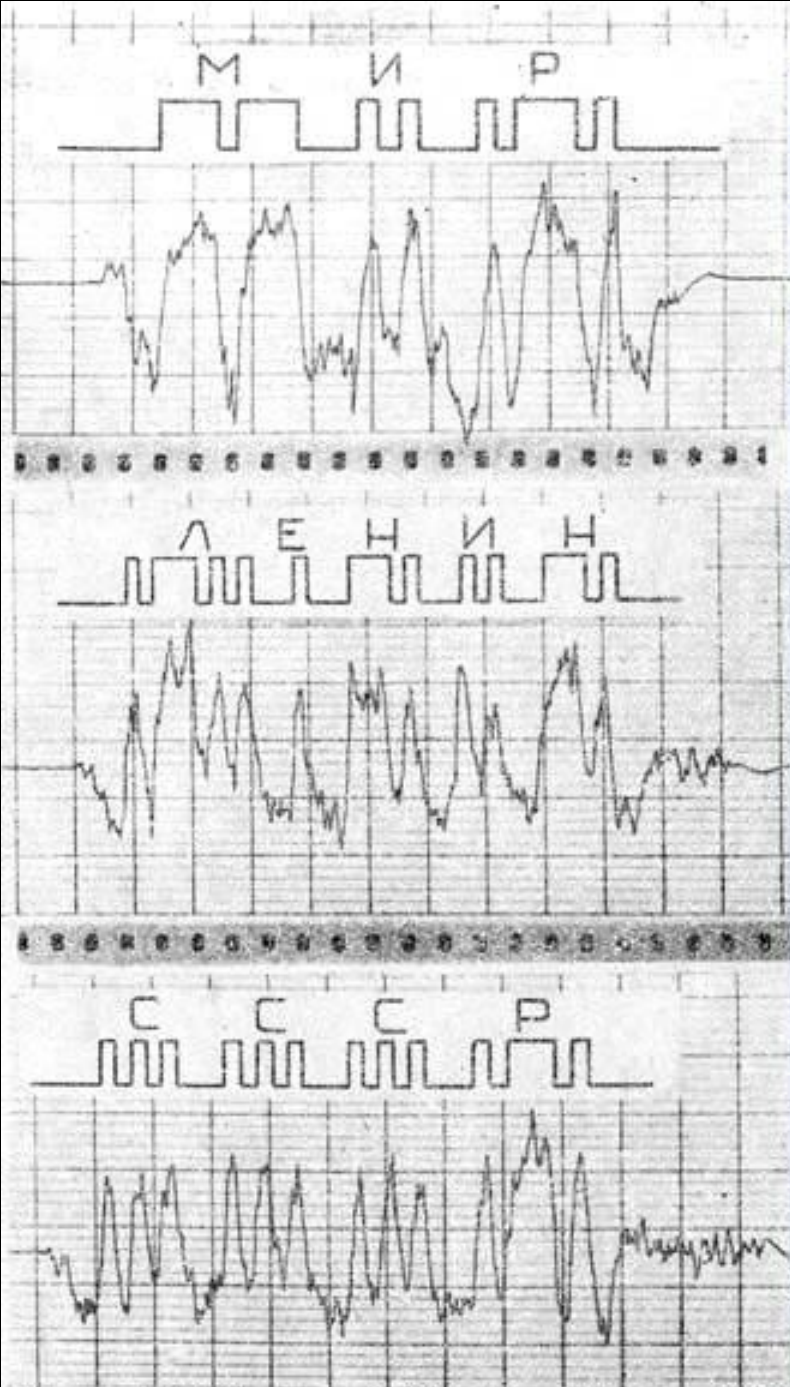


# Методы измерения расстояний

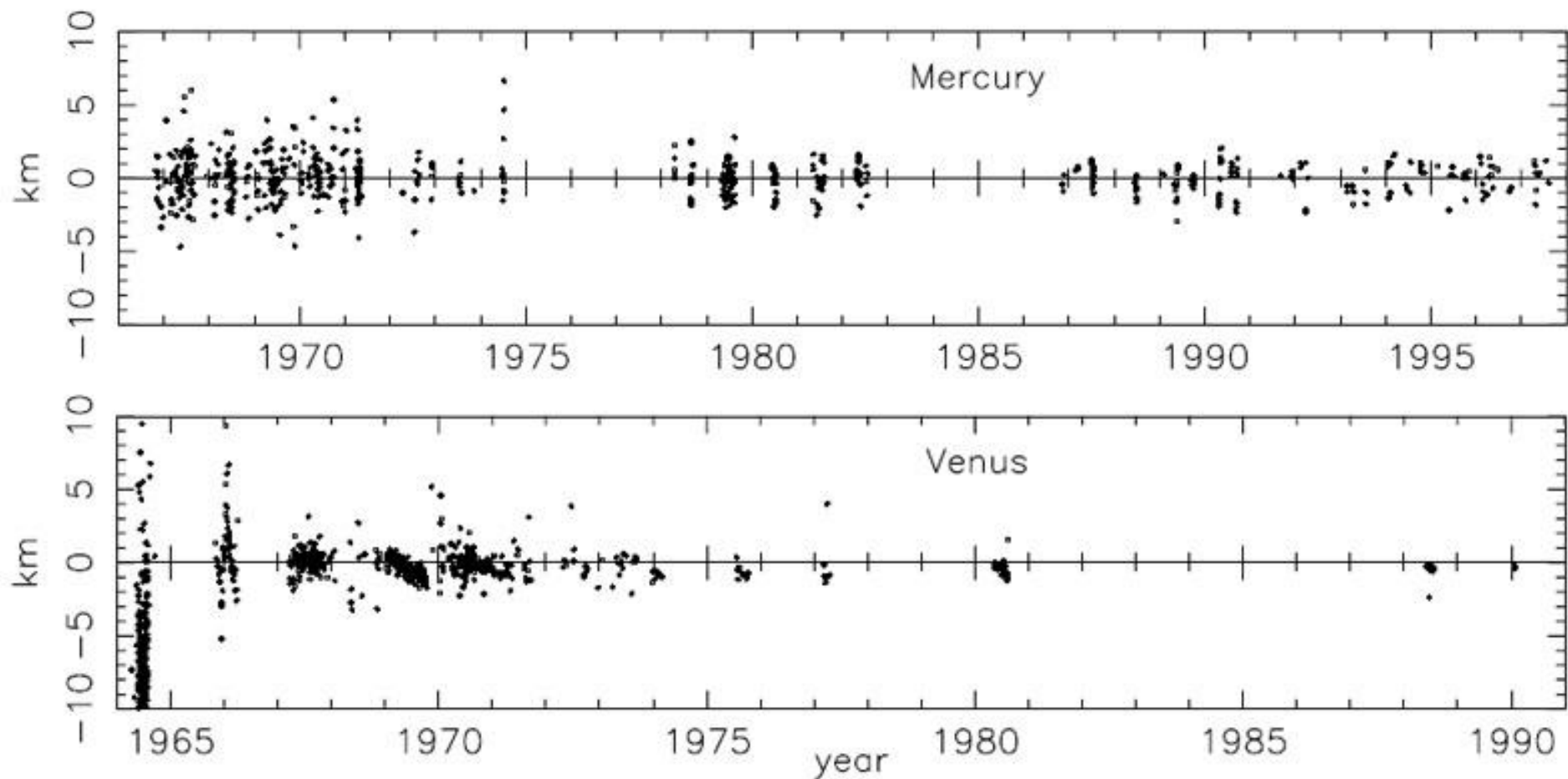
1. *Локация (радио и оптическая)*
2. *Тригонометрический параллакс*
3. *Кинематические методы*
4. *Фотометрические методы  
(стандартная свеча,  $I \sim R^{-2}$ )*
5. *Метод аналогии  
(стандартный отрезок)*

и т.д.

# Радиолокация планет



Венера 1961 (Меркурий 1962, Марс Юпитер 1963)



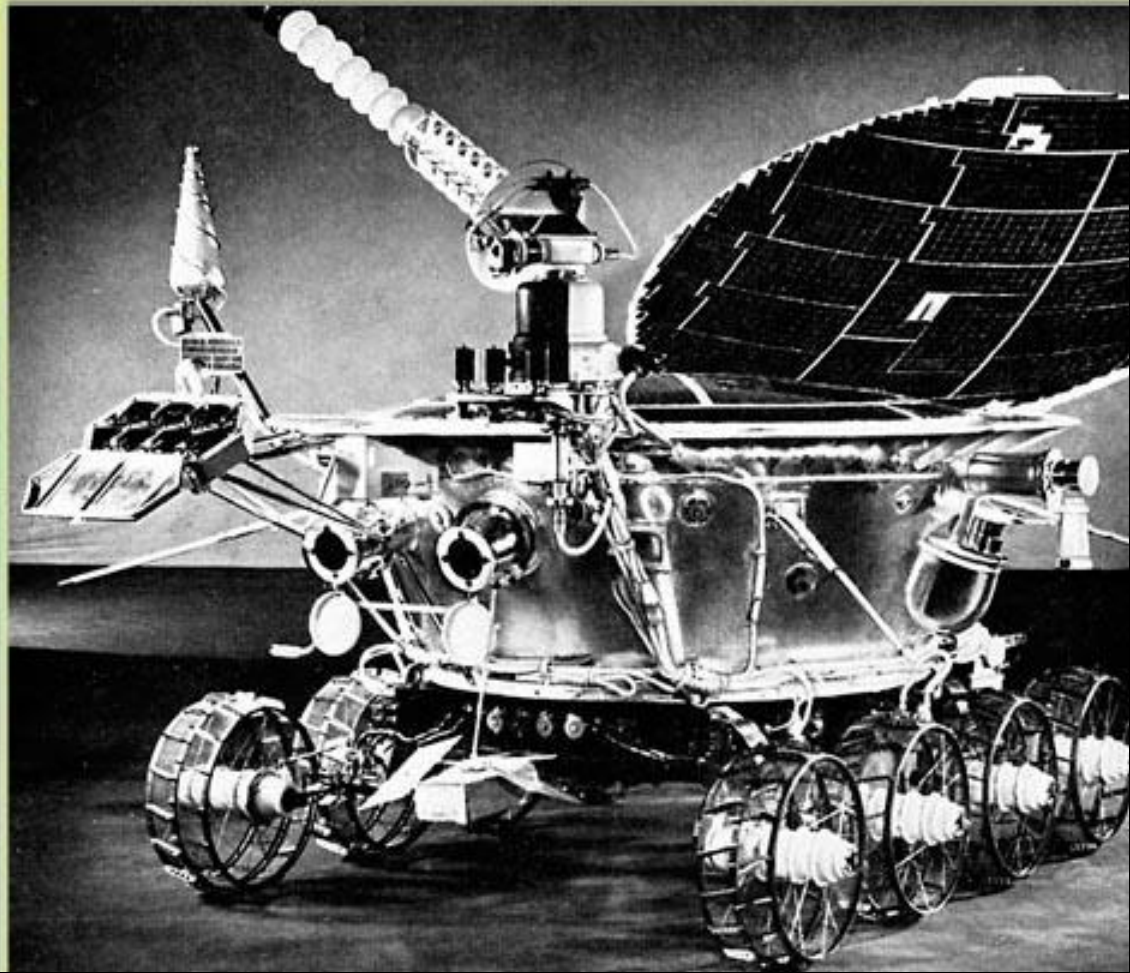
## Невязки радиолокационного измерения расстояний до Меркурия и Венеры

Резкое увеличение точности для Венеры связано с тем, что с помощью орбитальных локаторов ("Магеллан") был измерен рельеф ее поверхности.

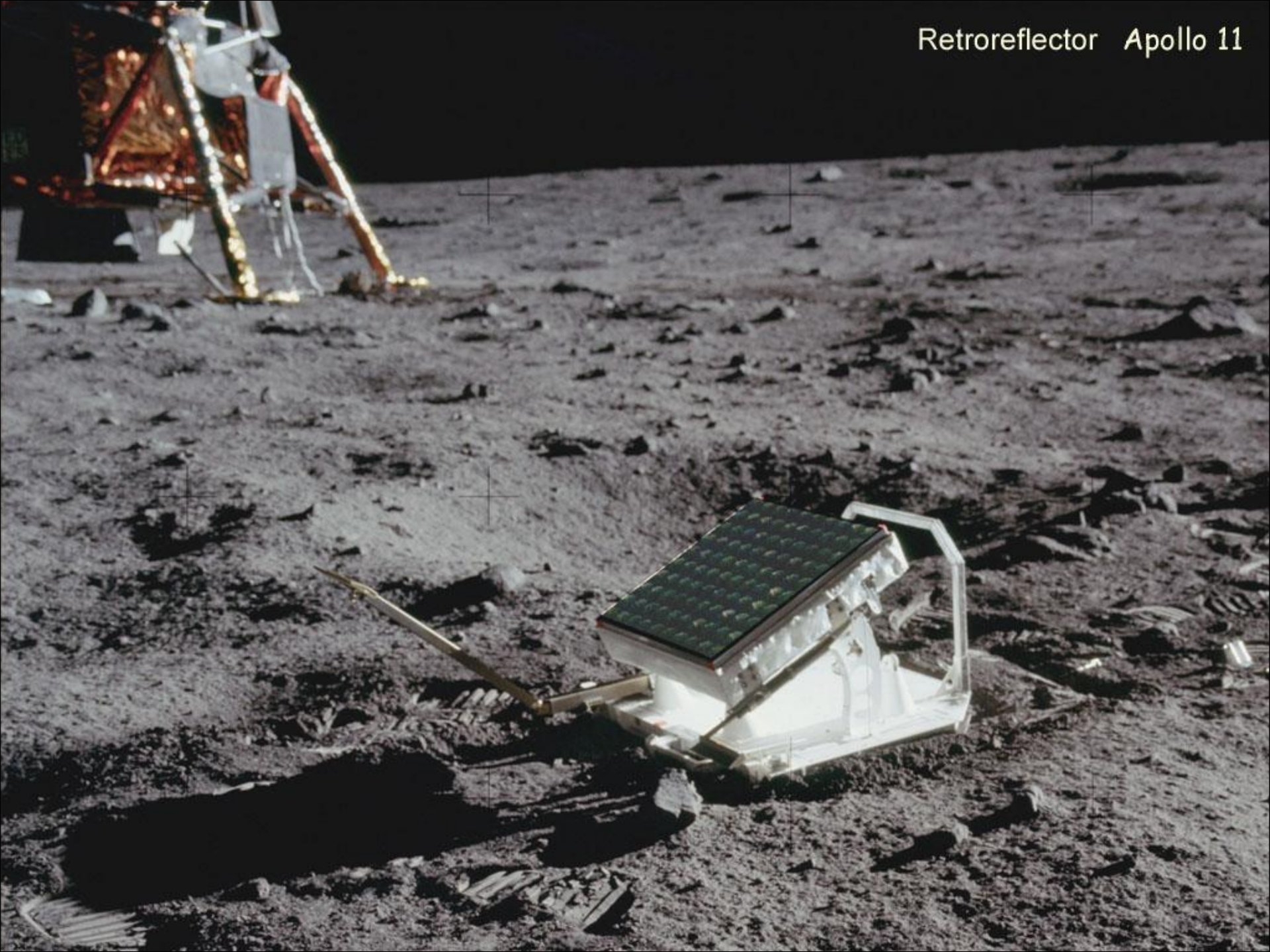
Меркурий до сих пор представляется эллипсоидом

# Лазерная локация Луны

(точность  $\sim 1$  см)

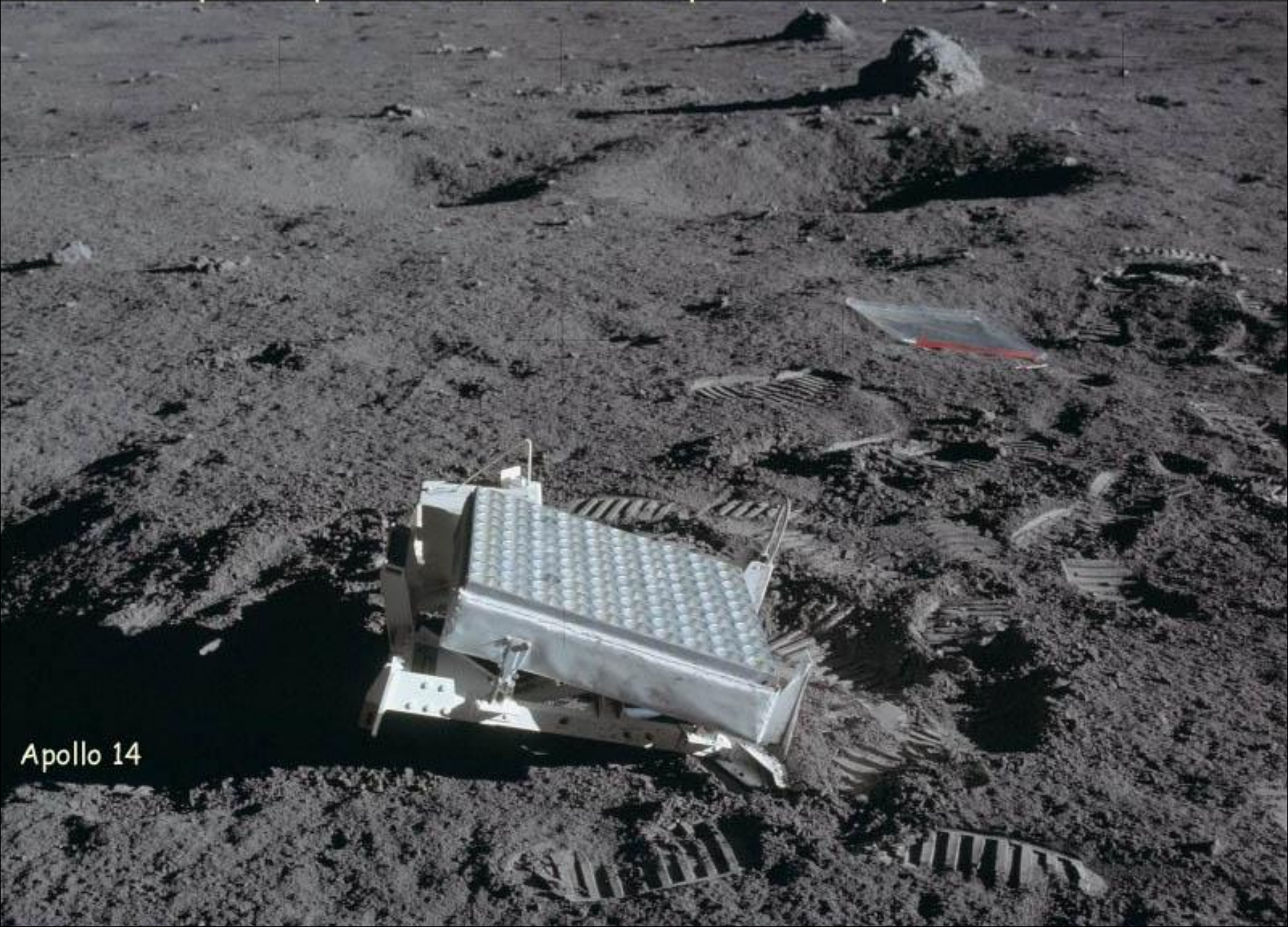




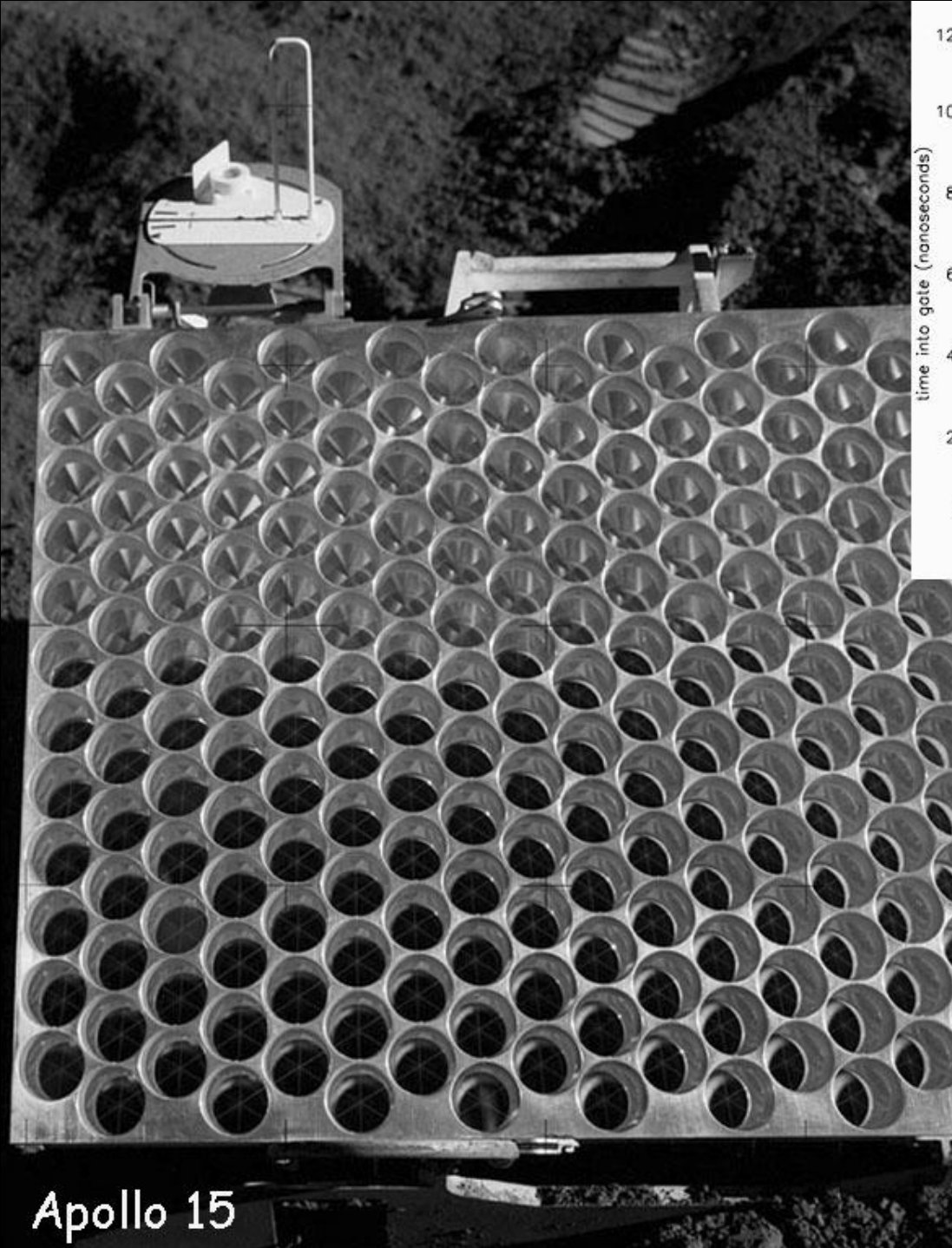




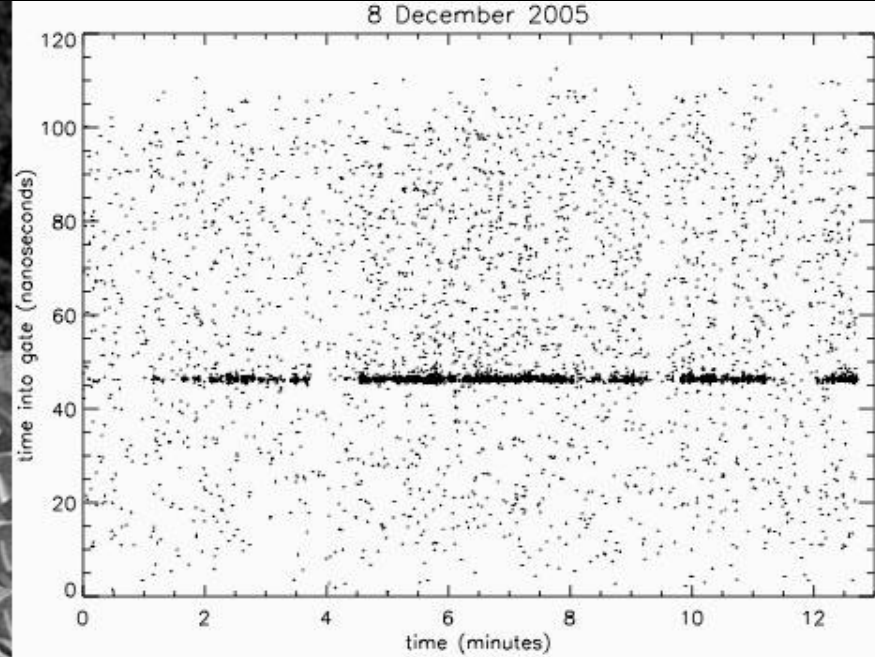
Диаметр лазерного пятна на поверхности Луны около 6,5 км



Apollo 14



Apollo 15



Точность измер. расстояния  $\sim 1$  мм

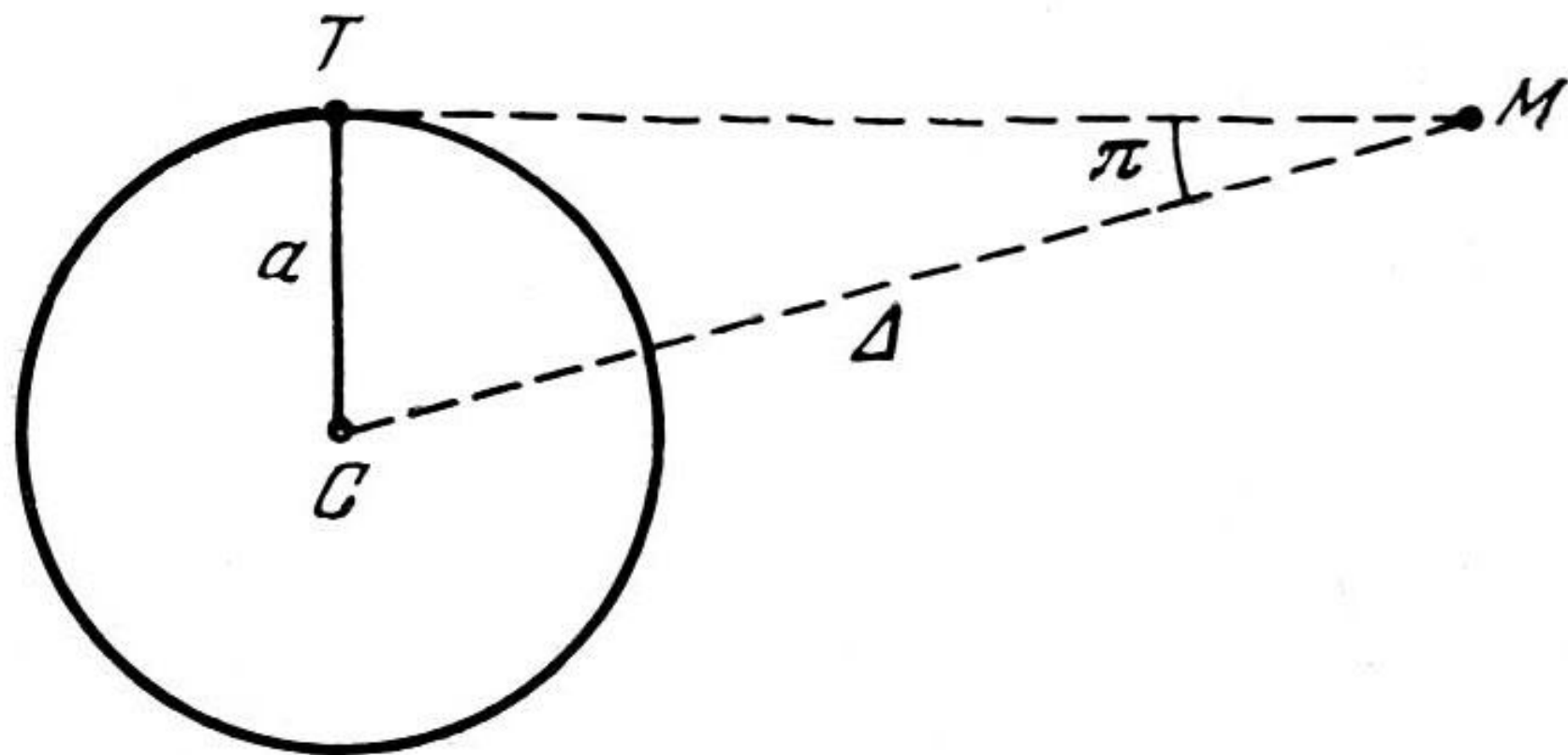
Расст. до Луны увелич. на 38 мм/год

Гравитационная постоянная  $G$   
не изменилась с 1969 по 2002 гг.  
с точностью  $10^{-11}$

Точность орбитального движения  
достаточна для вычисления  
солнечных затмений на  $\pm 3400$  лет

Возможны тесты для ОТО

# Параллакс суточный, горизонтальный, годичный



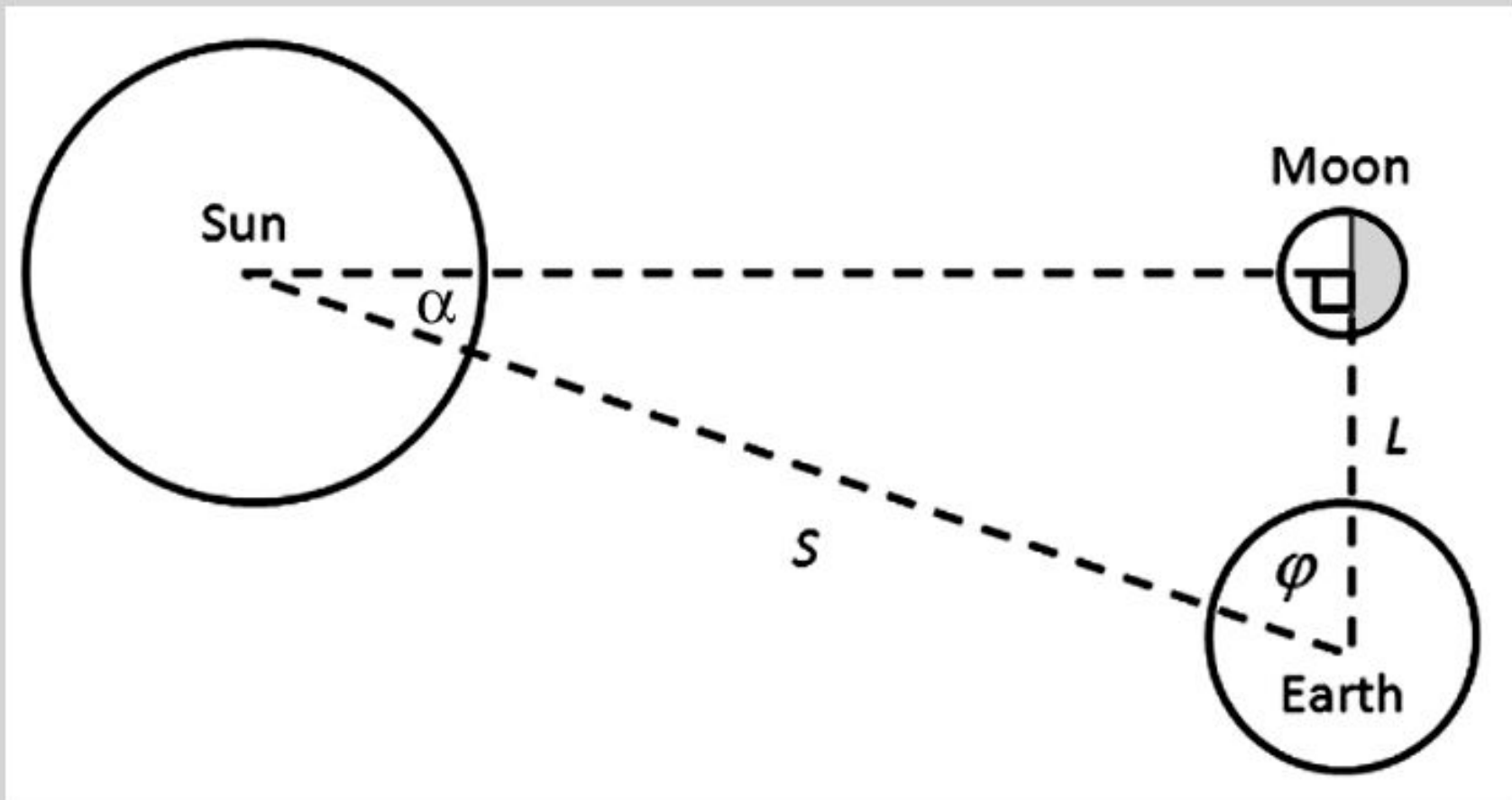
$\Delta \rightarrow D$

$\pi \rightarrow p$

Горизонтальный параллакс Луны 3/4 марта 2007 20.02 - 3.30 UT

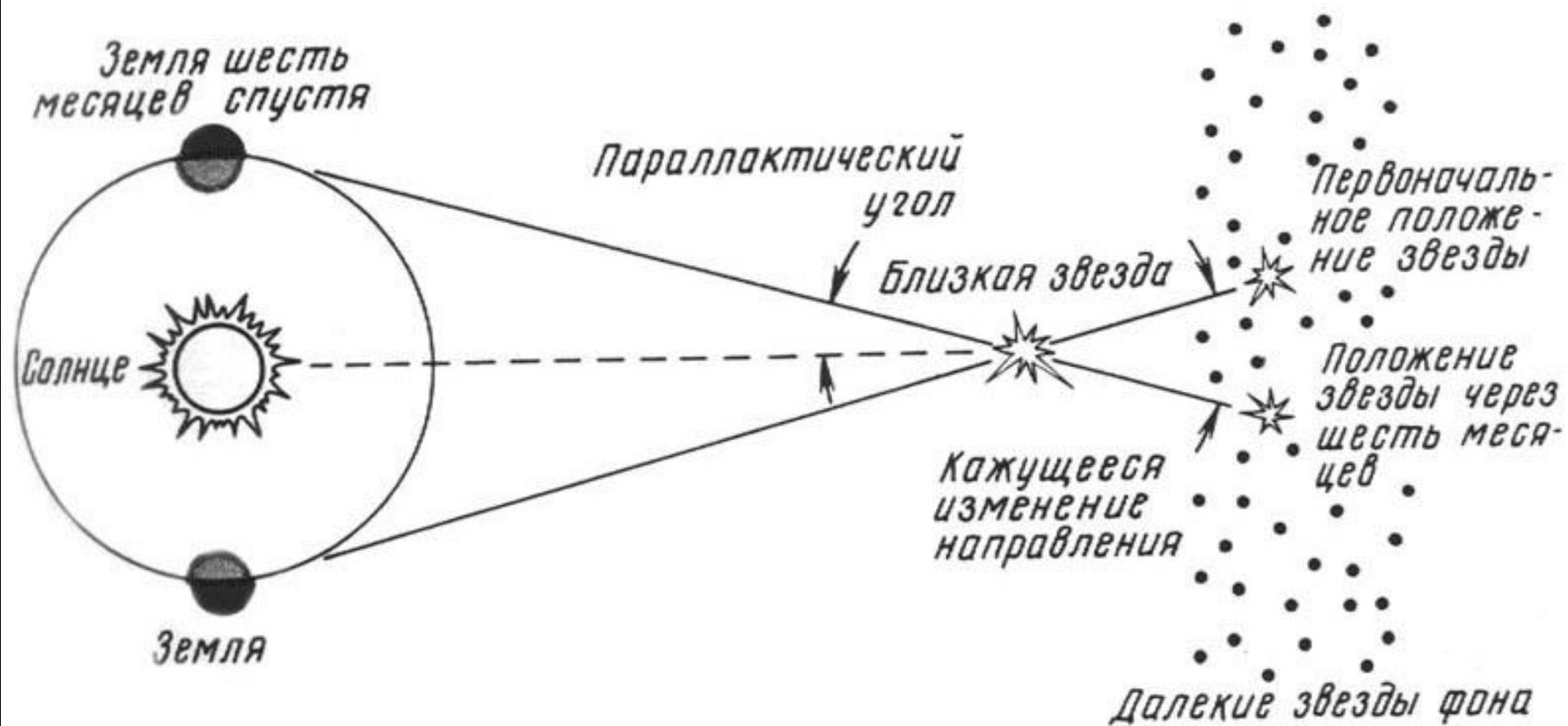


Греческий астроном **Аристарх Самосский** (310-230 до н.э.),  
 коперник античного мира - автор первой гелиоцентрической системы,  
 впервые стал измерять расстояния до небесных тел путем наблюдений



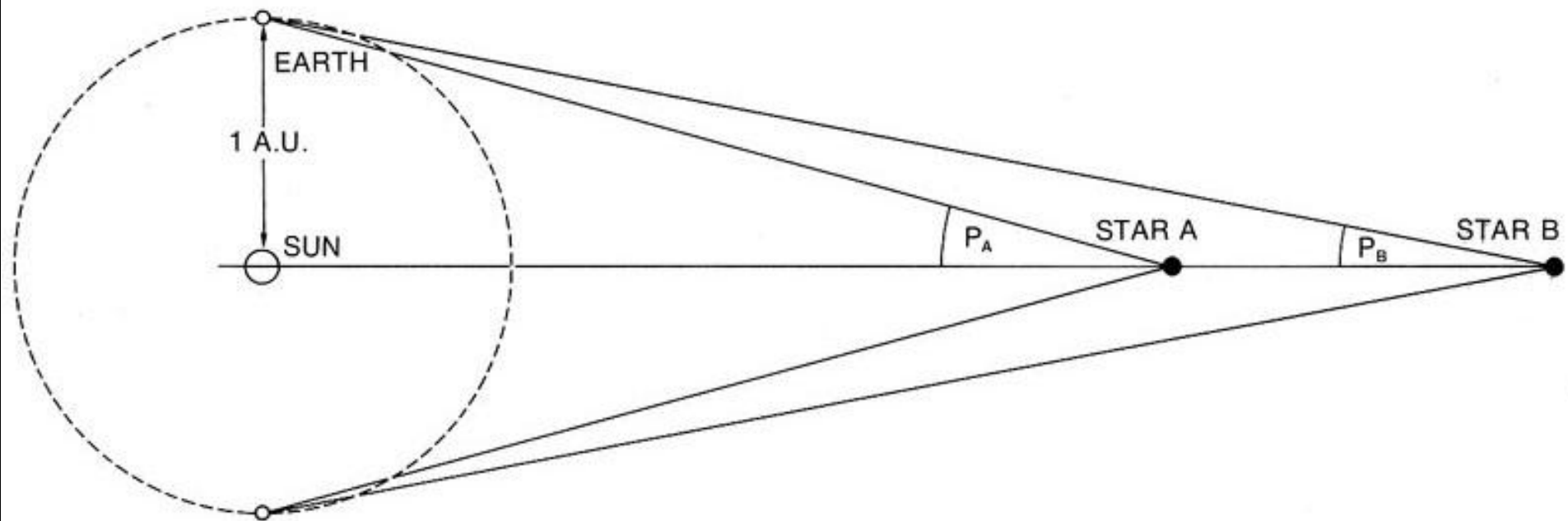
Аристарх:	$\varphi = 87^\circ$	$\alpha = 3^\circ$	$S/L = 19$
Истина:	$\varphi = 89^\circ 51'$	$\alpha = 9'$	$S/L = 391$

# Эффект параллактического смещения звезд

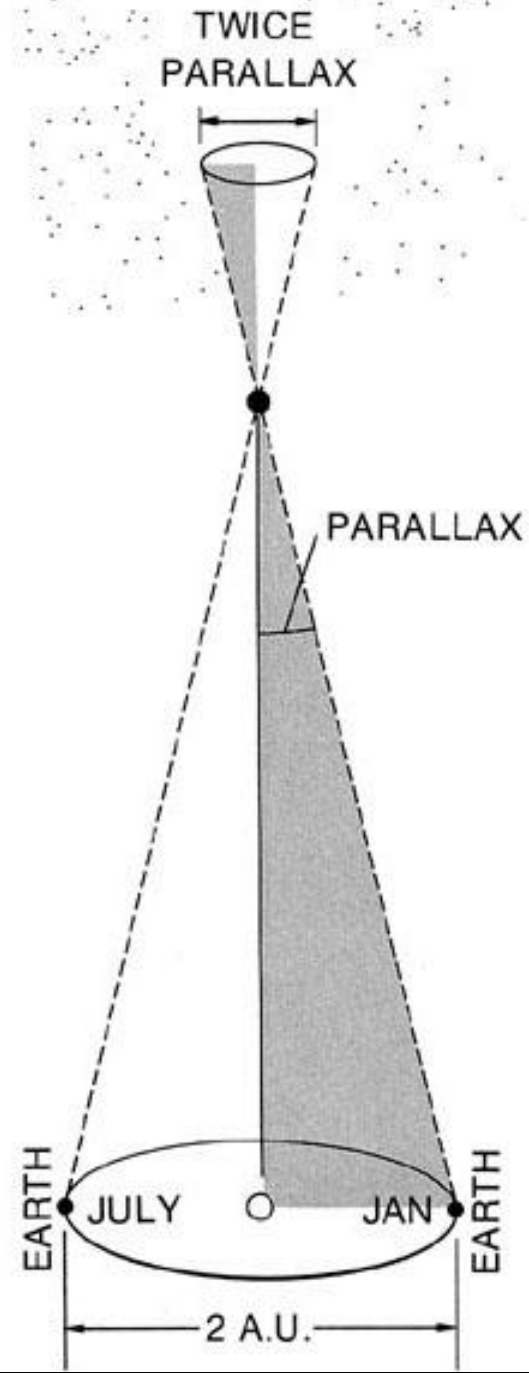


**Внимание:** на практике измеряют не абсолютный, а относительный параллакс, определяя положение изучаемой звезды относительно звезд фона.

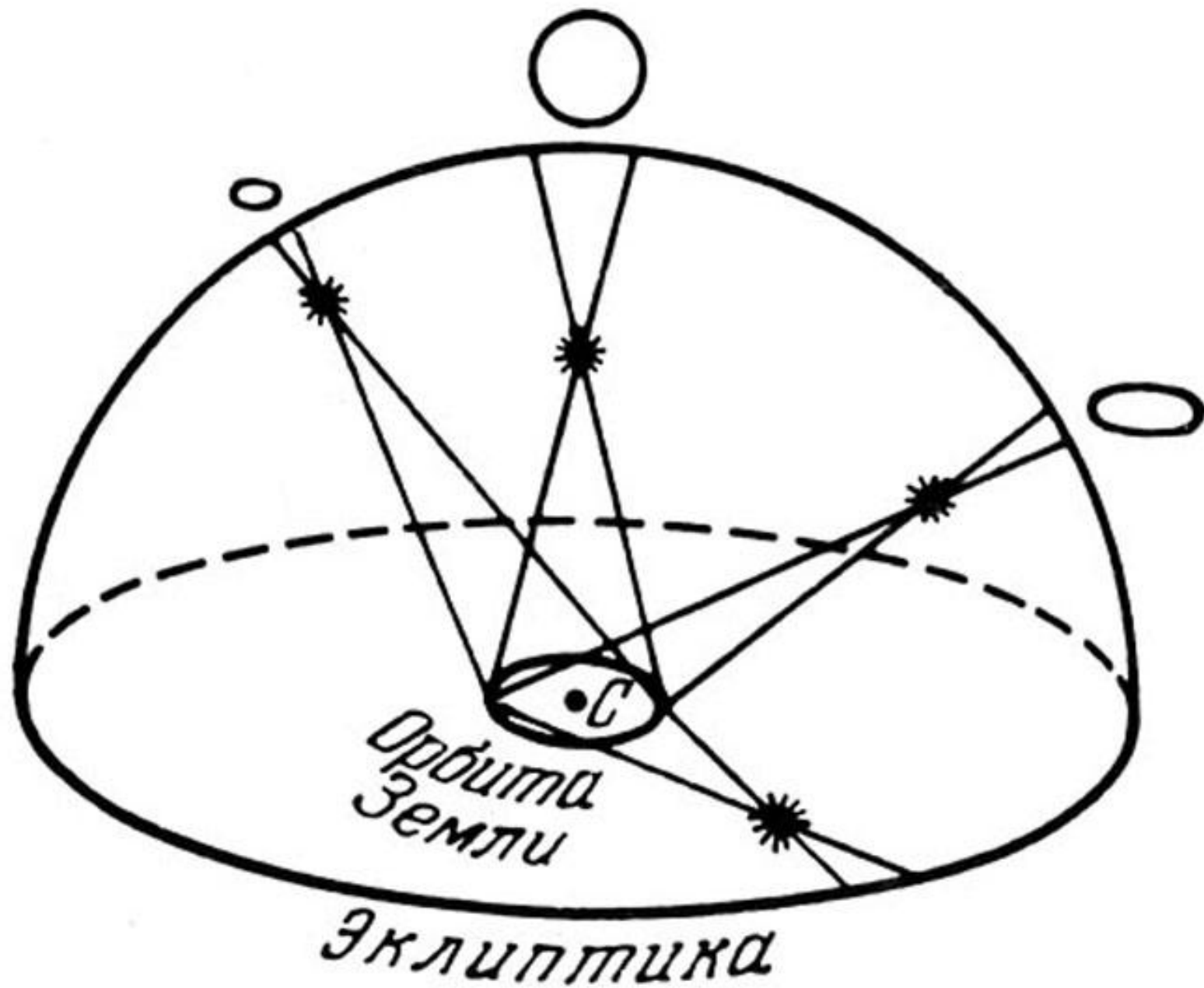
# Зависимость параллактического угла от расстояния



**Угол, под которым  
со звезды был бы виден  
средний радиус земной  
орбиты при условии,  
что направление на звезду  
перпендикулярно к радиусу,  
называется  
годовым параллаксом  
звезды  
(  $\rho$  или  $\pi$  )**







# Парсек

(ПАРаллакс + СЕКунда)

Расстояние, с которого  
большая полуось земной  
орбиты видна под углом  
в **1''**

Соответствует годовичному  
параллаксу в 1''

$$D = \frac{1}{p''} \text{ ПК}$$

1 A.U. → ←

1 PARSEC

1 ARC SEC → ←

Обозначение

**1 pc**

**1 ПК**

(1 пс)

Соотношение

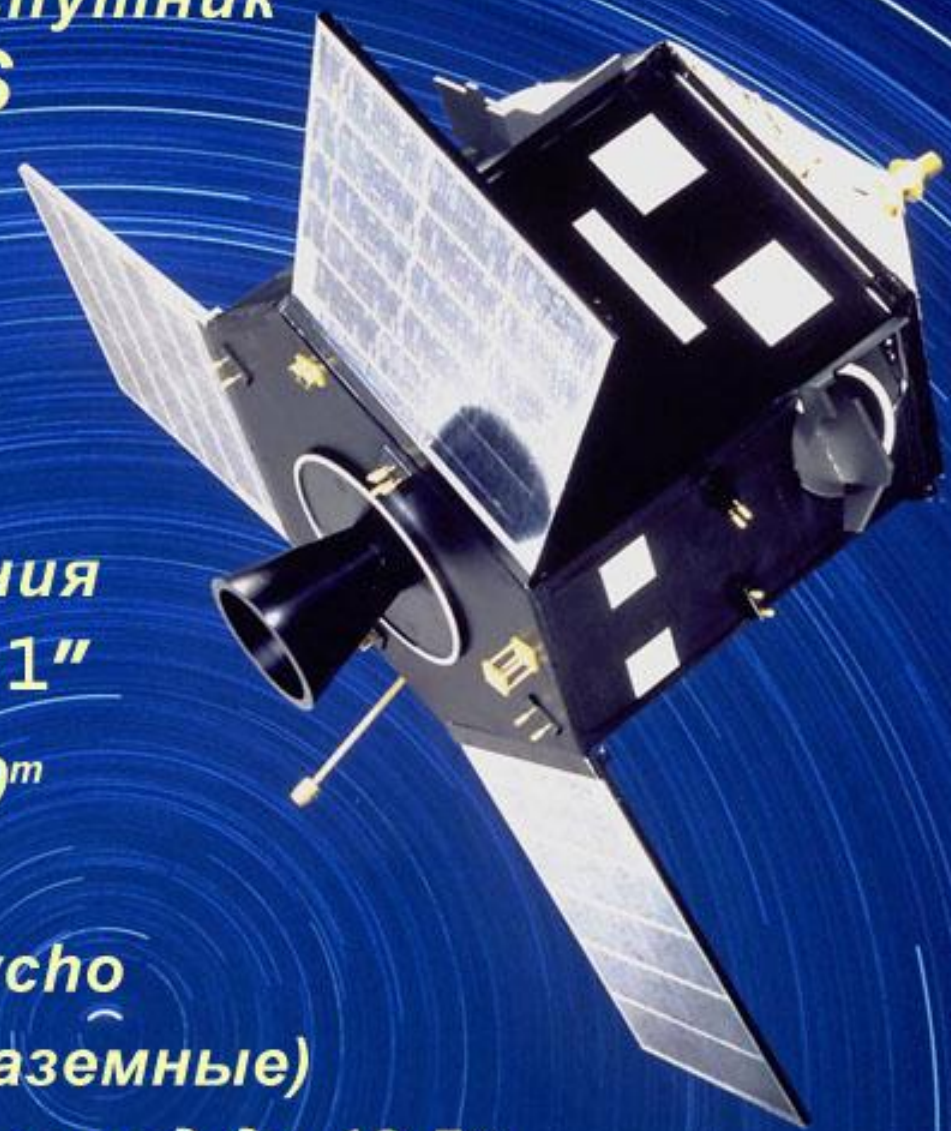
$$\begin{aligned} 1 \text{ ПК} &= 3,26 \text{ св.года} \\ &= 206265 \text{ а.е.} \\ &= 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м} \end{aligned}$$

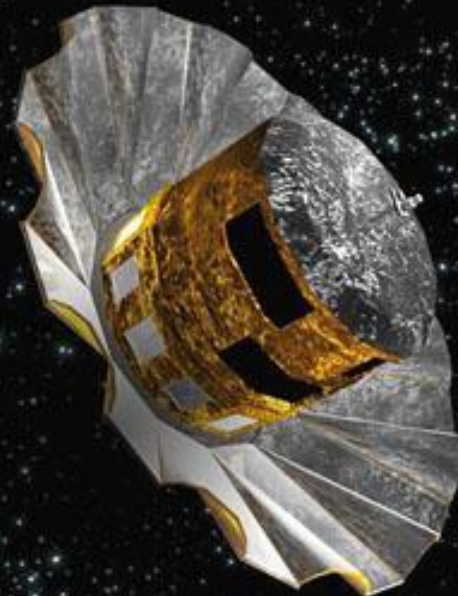
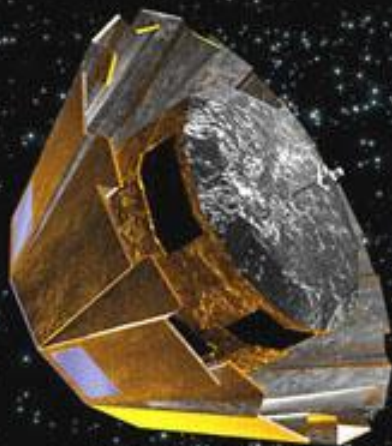
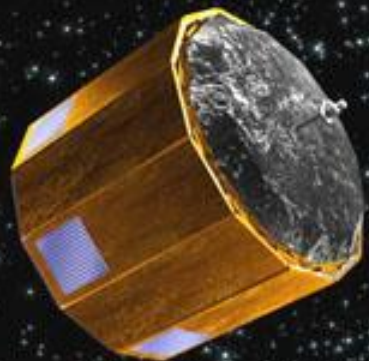
**Астрометрический спутник  
HIPPARCOS  
(1989-1993)**

**Точность измерения  
параллакса  $0,001''$**

**Полнота около  $10^m$**

**Каталог Тусчо  
(первые эпохи наземные)  
фотометрия 2,5 млн звезд до  $12,5^m$   
с точностью параллакса  $0,003''$**





## Gaia

Global Astrometric Interferometer for Astrophysics, ESA

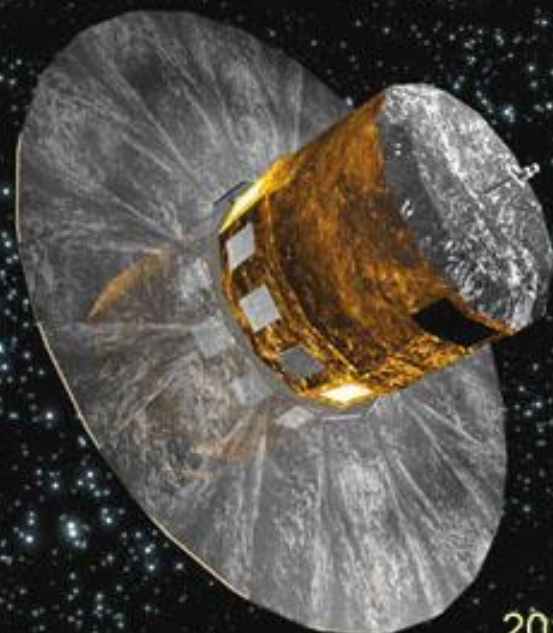
$$m_{\text{lim}} = 20$$

---

$$m > 15$$
$$24 \mu \text{ arcsec}$$

---

“Союз” в точку L<sub>2</sub>

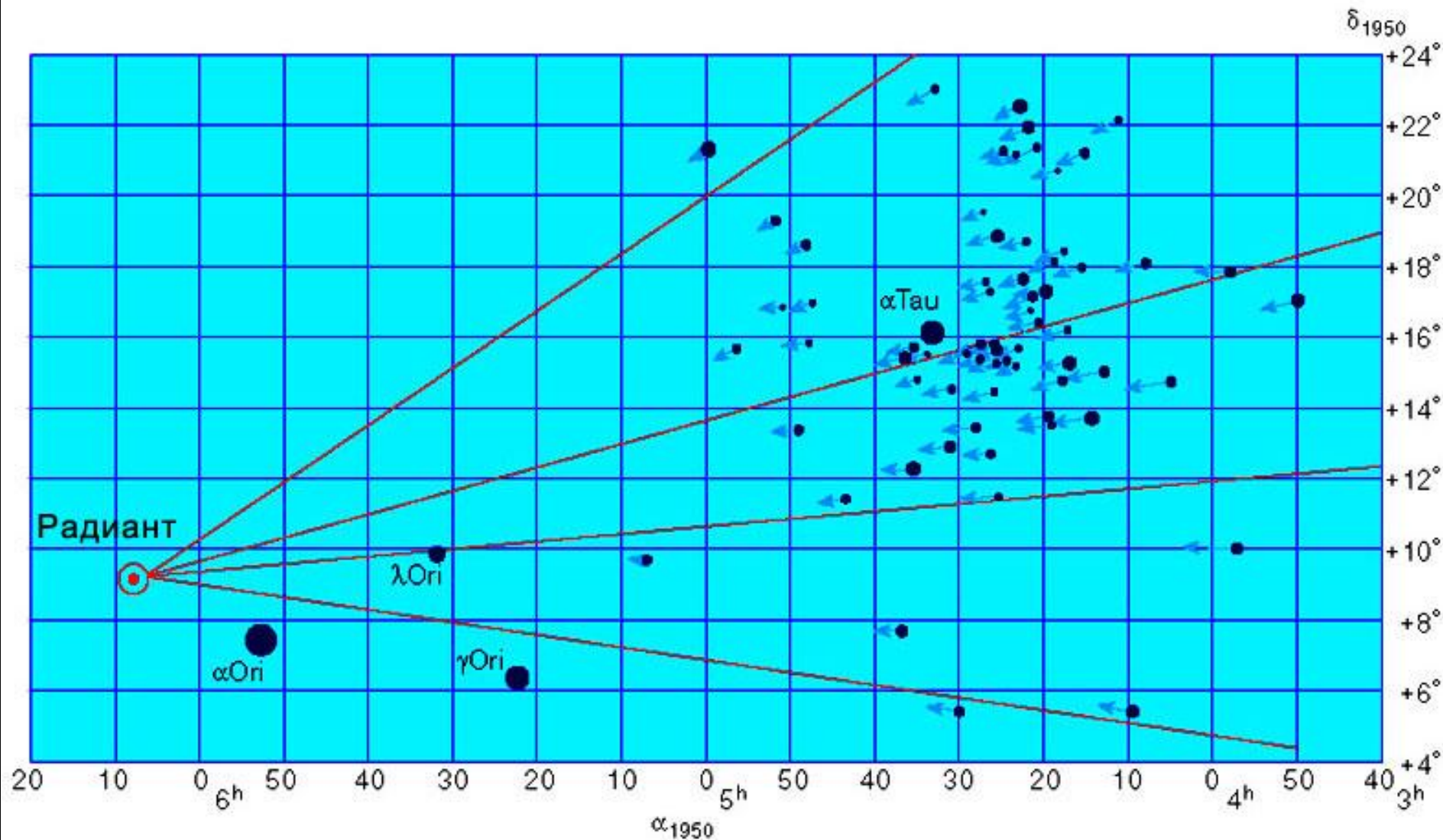


2013



Явление перспективы

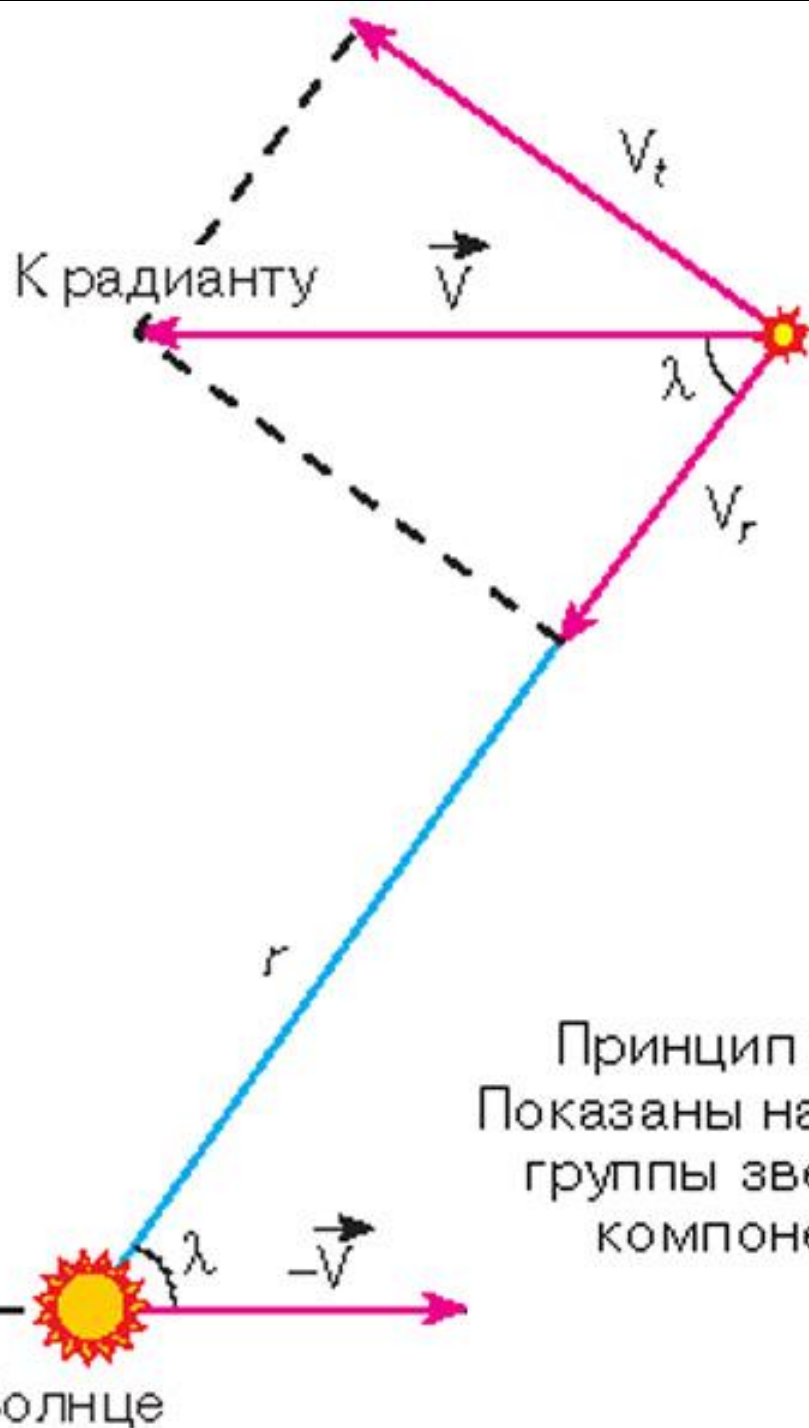
# Метод группового параллакса



Стрелками показано собственное движение звезд скопления Гиады за 50 тыс. лет.

Параллакс  $0,022''$ , расстояние 45 пк.

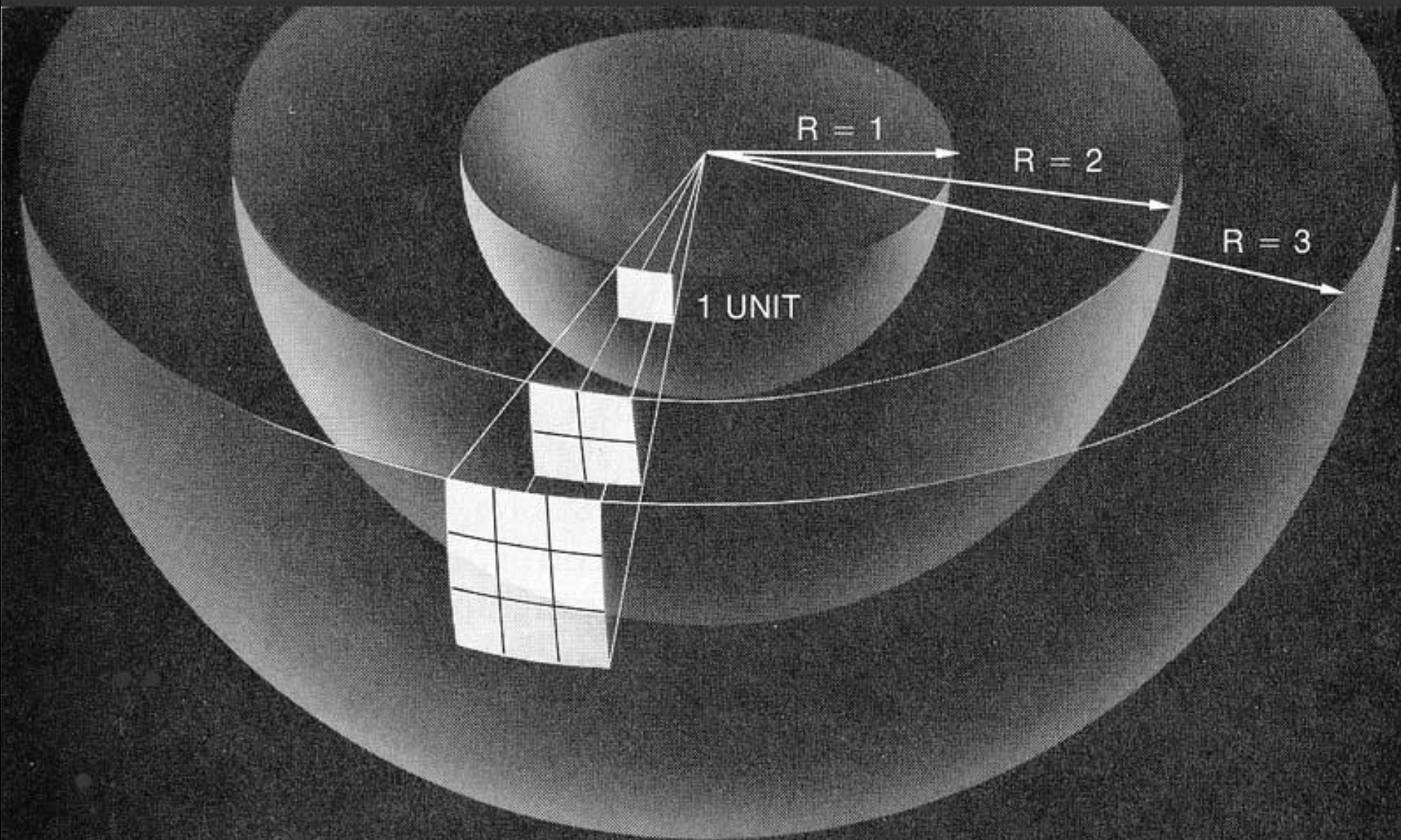
# Групповой параллакс



$$r = \frac{V_t(\text{линейная})}{V_t(\text{угловая})}$$

Принцип измерения группового параллакса. Показаны направление относительной скорости группы звезд и ее лучевая и тангенциальная компоненты.  $r$  – расстояние до звезды

# Фотометрические методы



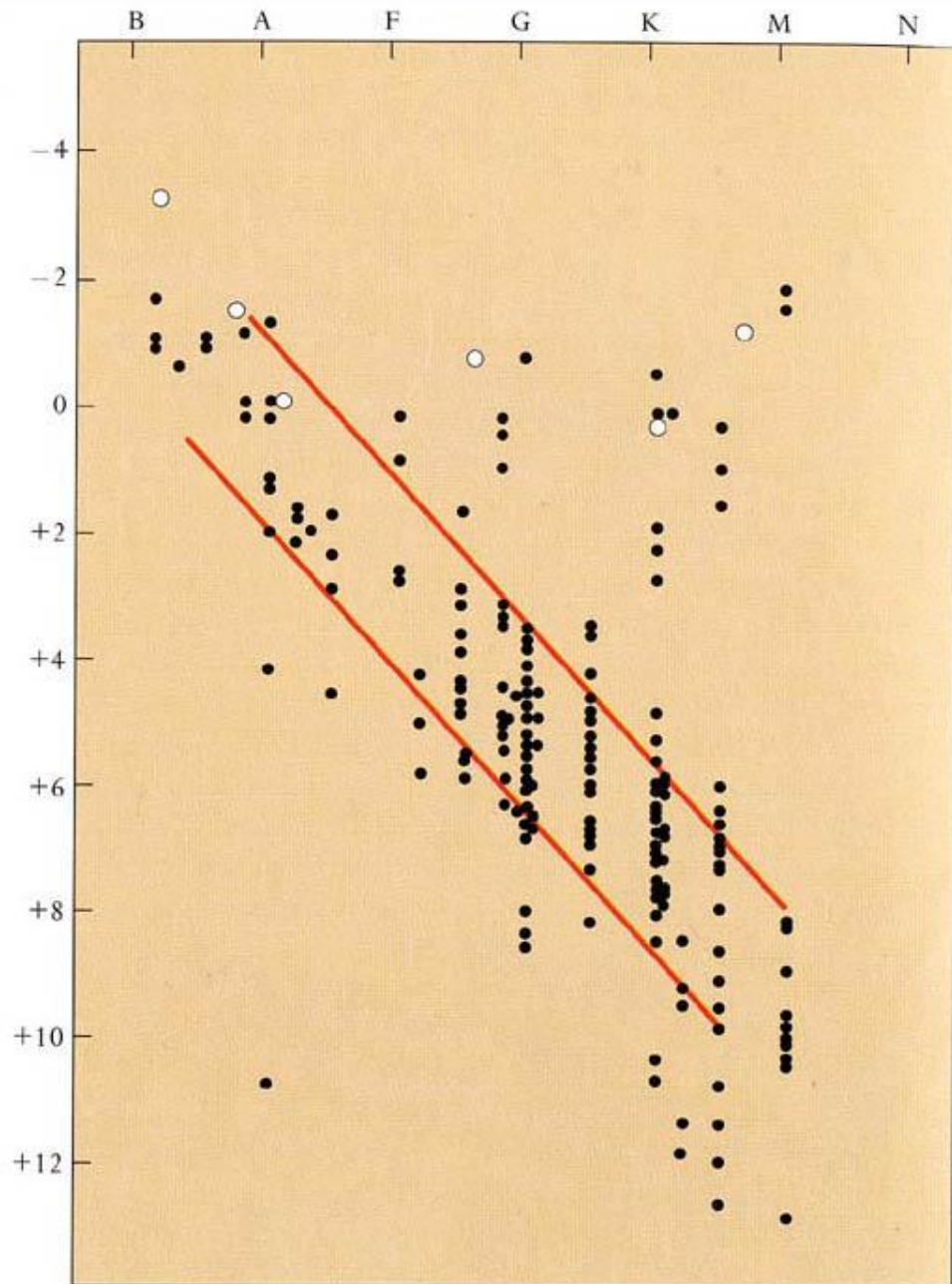


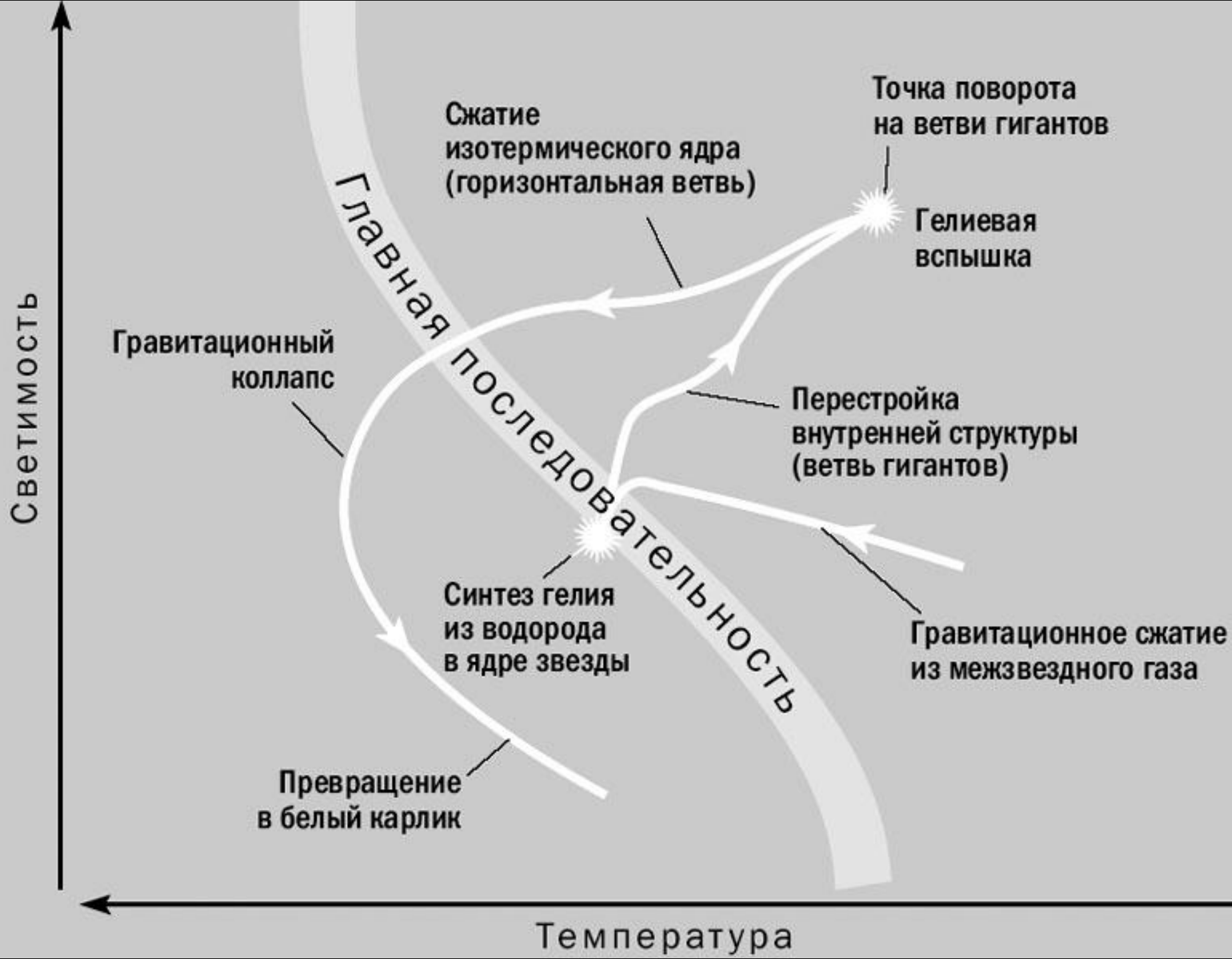


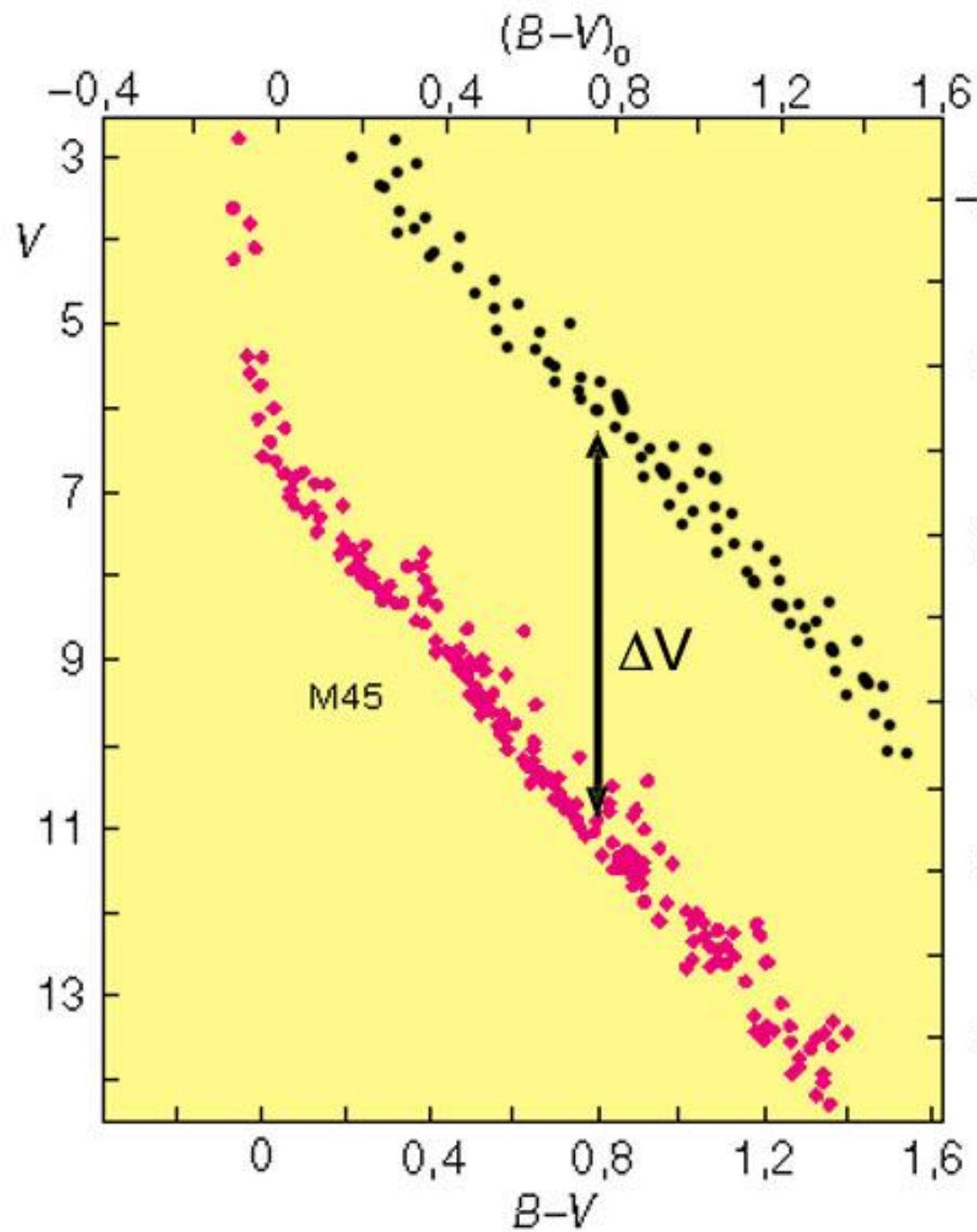
Генри Норрис Рассел



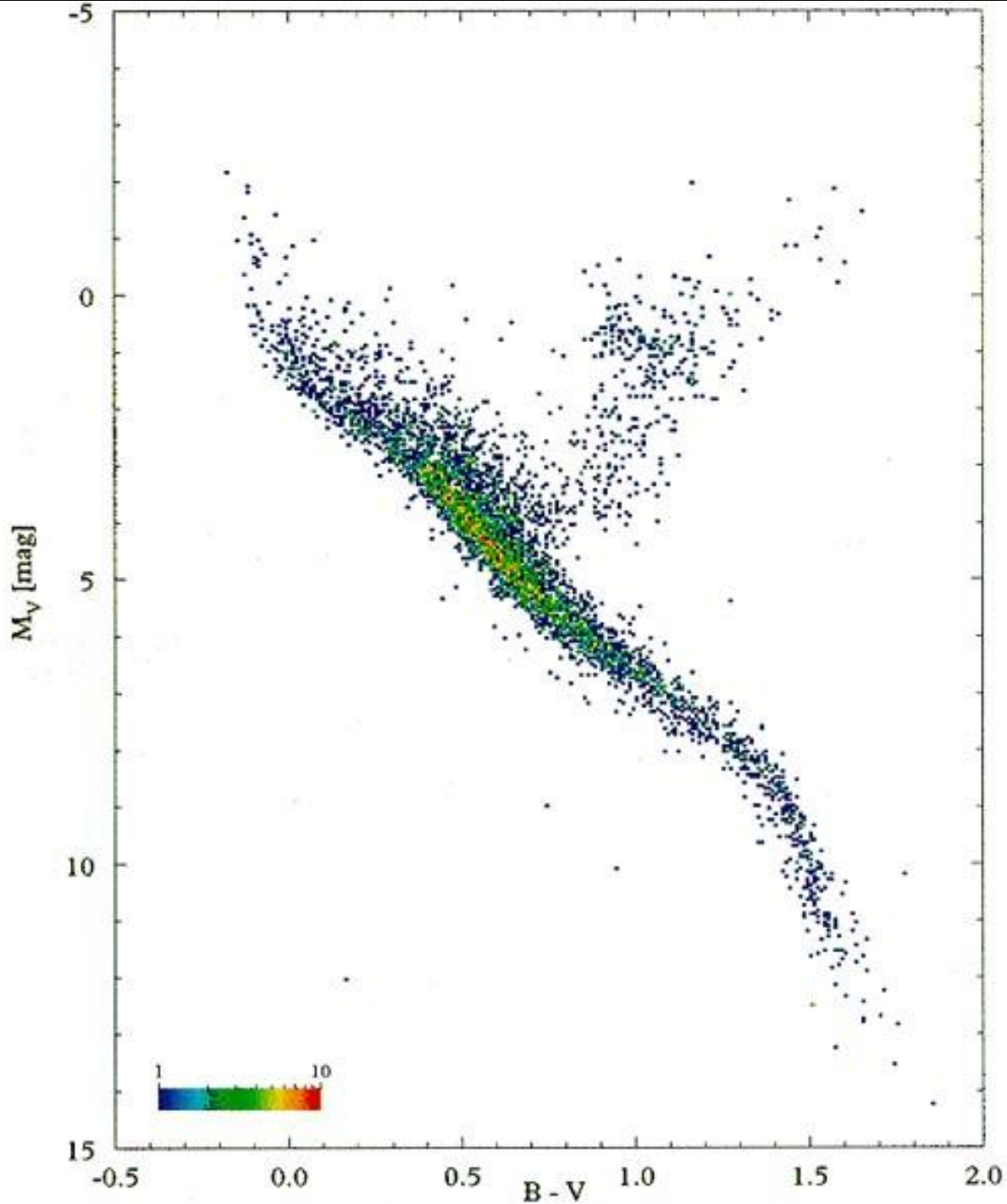
Эйнар Герцшпрунг







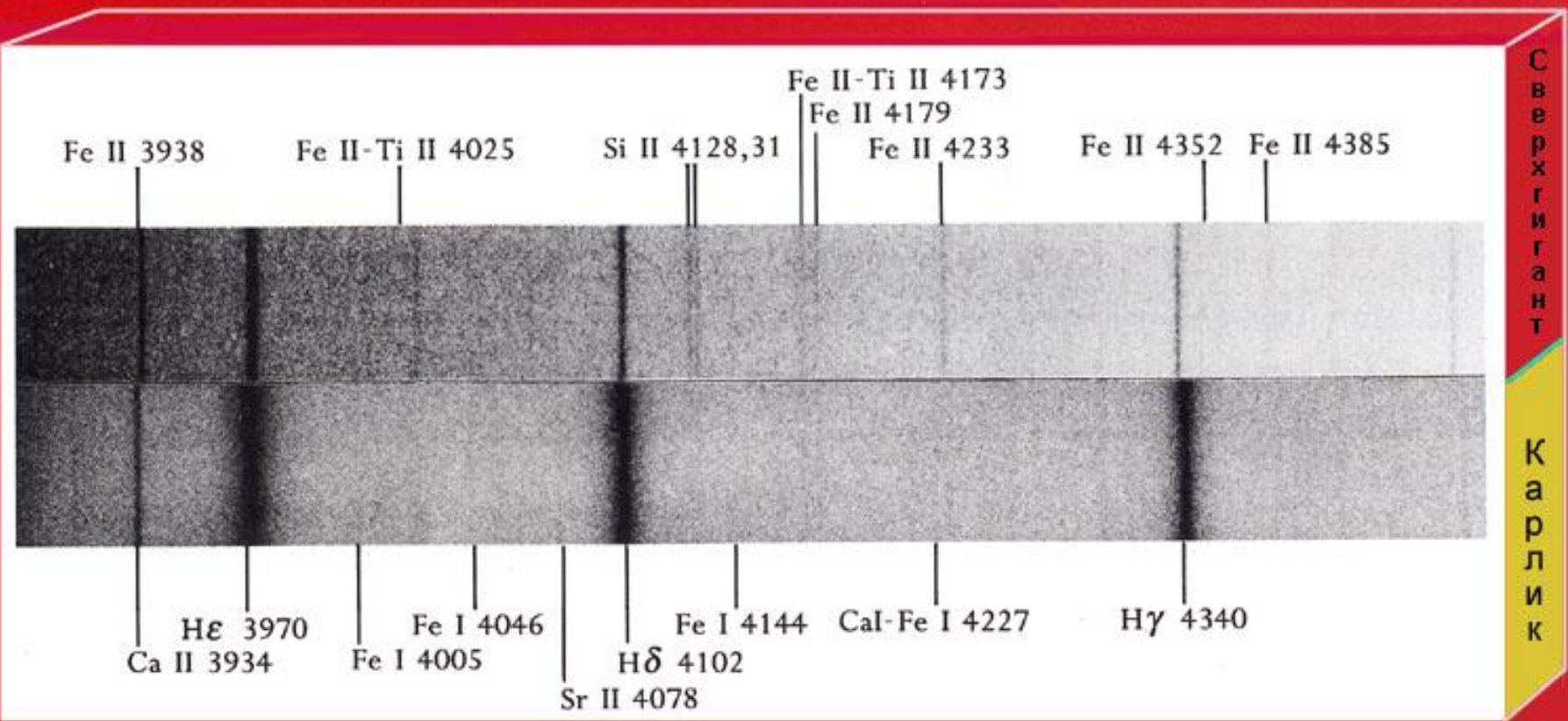
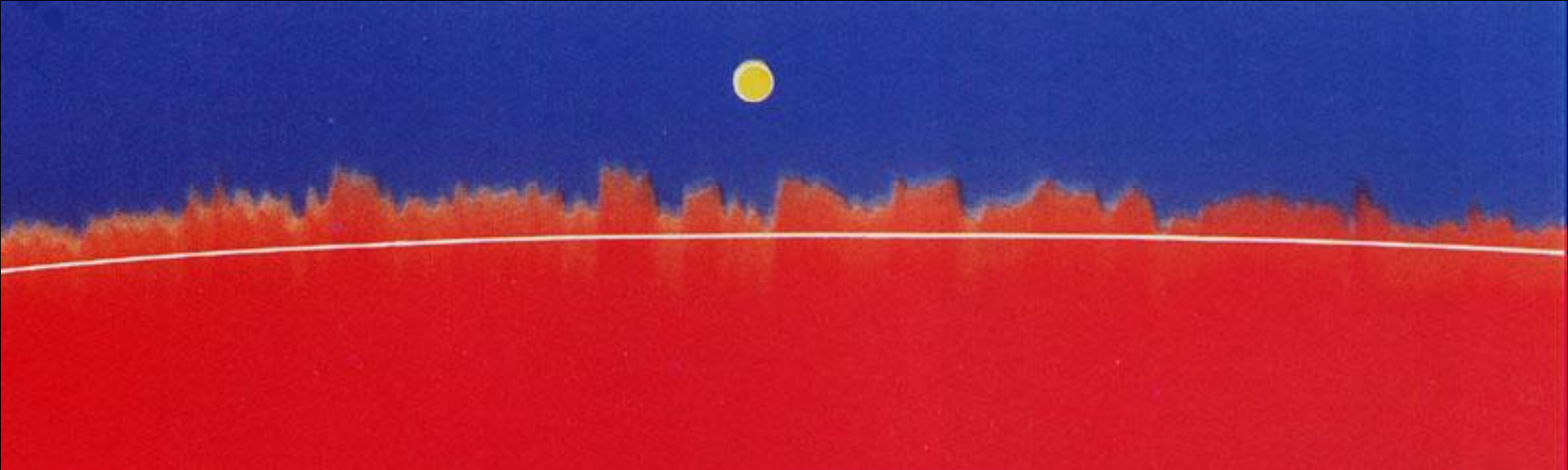
**Определение расстояния до звездного скопления методом совмещения главных последовательностей на диаграмме "цвет - величина"**



**Диаграмма  
Герцшпрунга-Рассела**

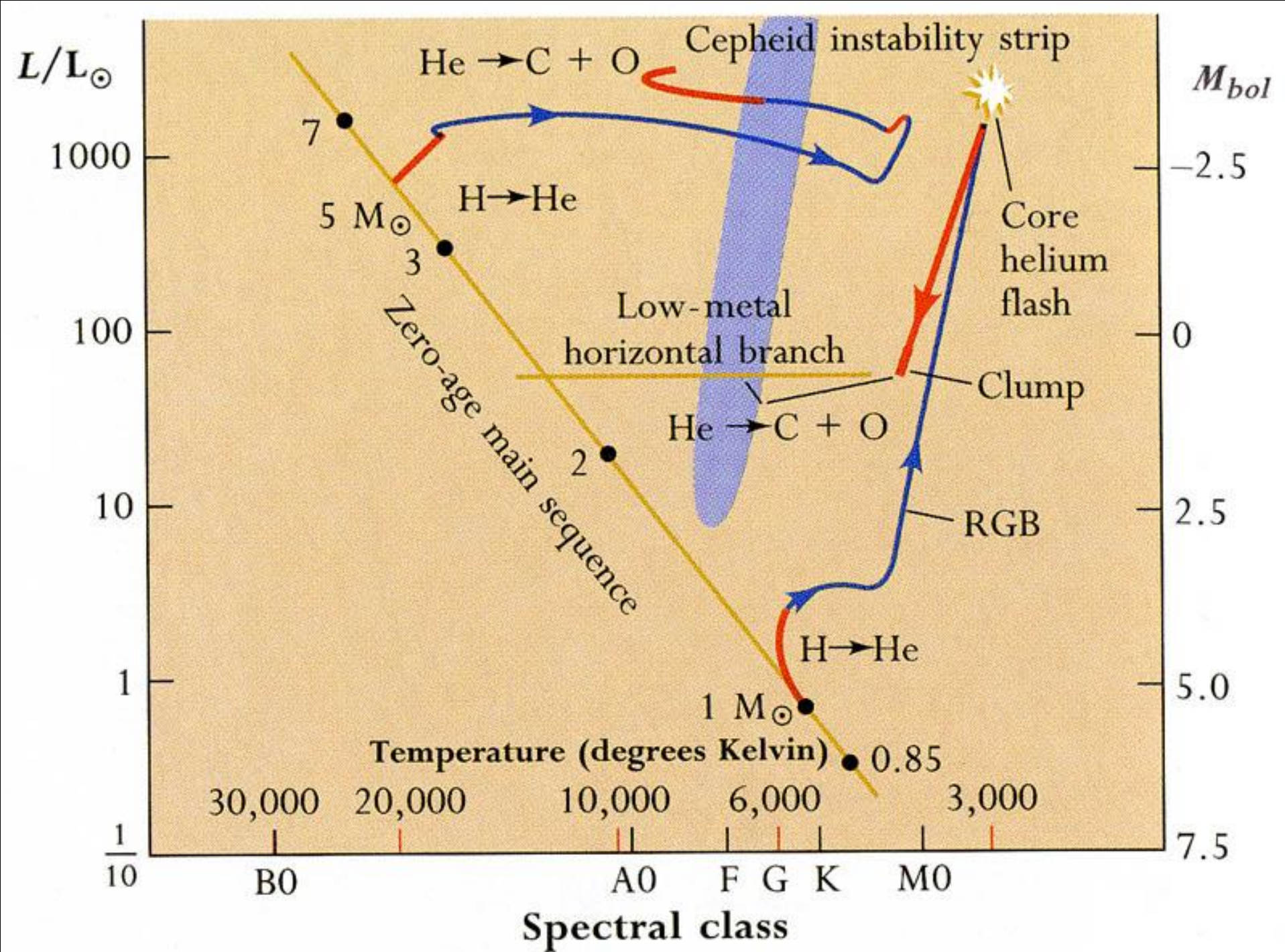
**для звезд  
в окрестности Солнца**

**по данным спутника  
Hipparcos**



С  
в  
е  
р  
х  
г  
и  
г  
а  
н  
т

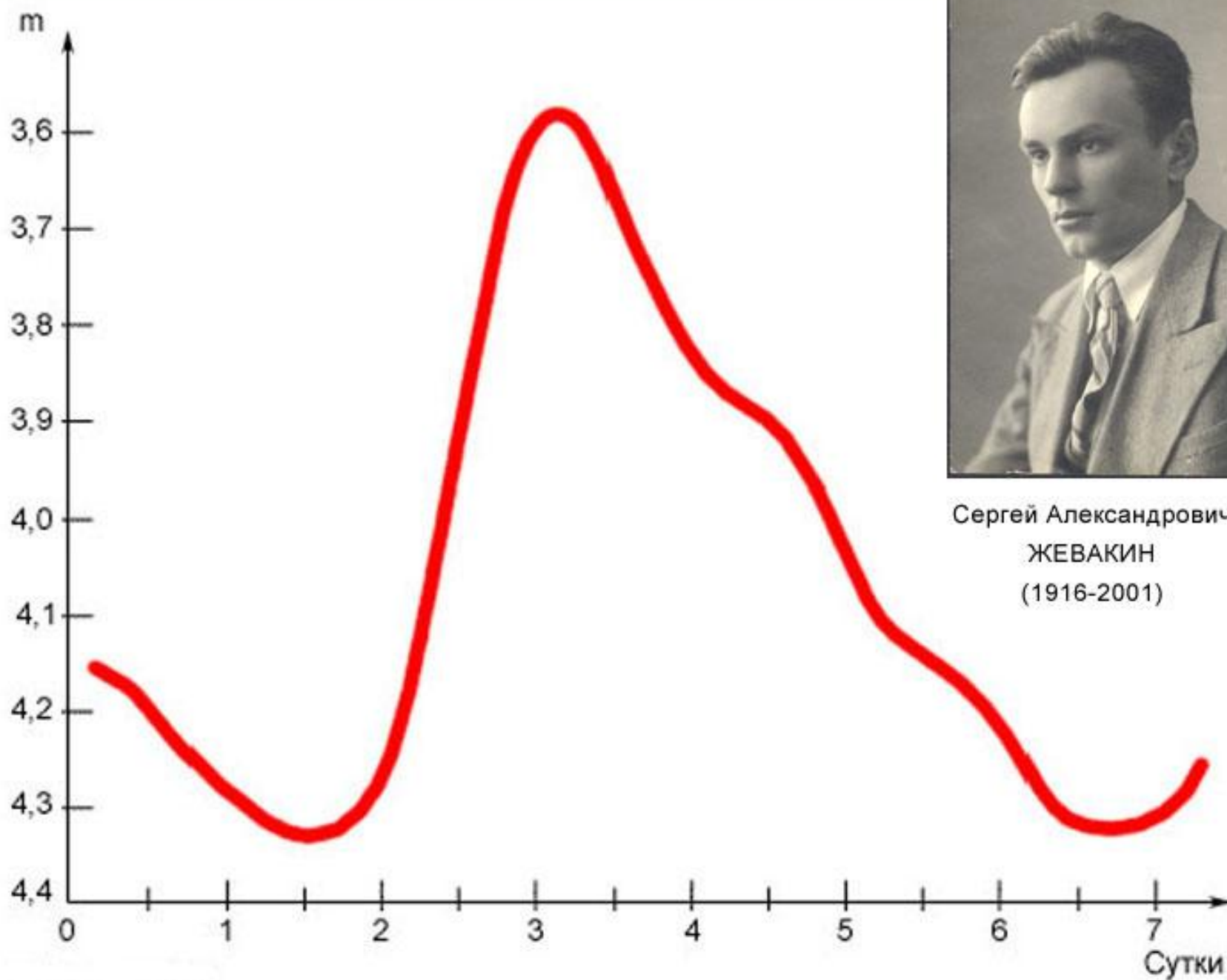
К  
а  
р  
л  
и  
к







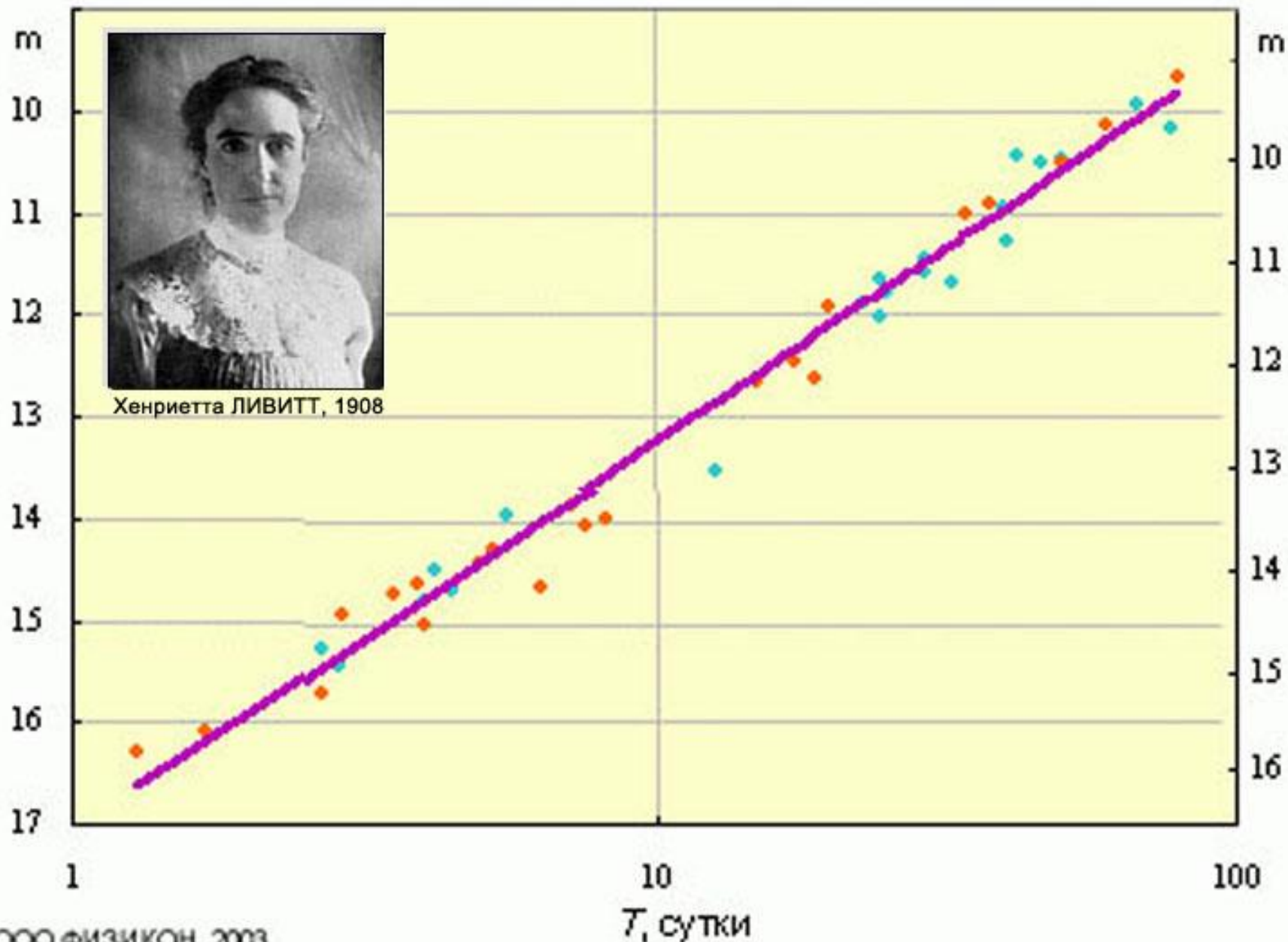
Сергей Александрович  
ЖЕВАКИН  
(1916-2001)



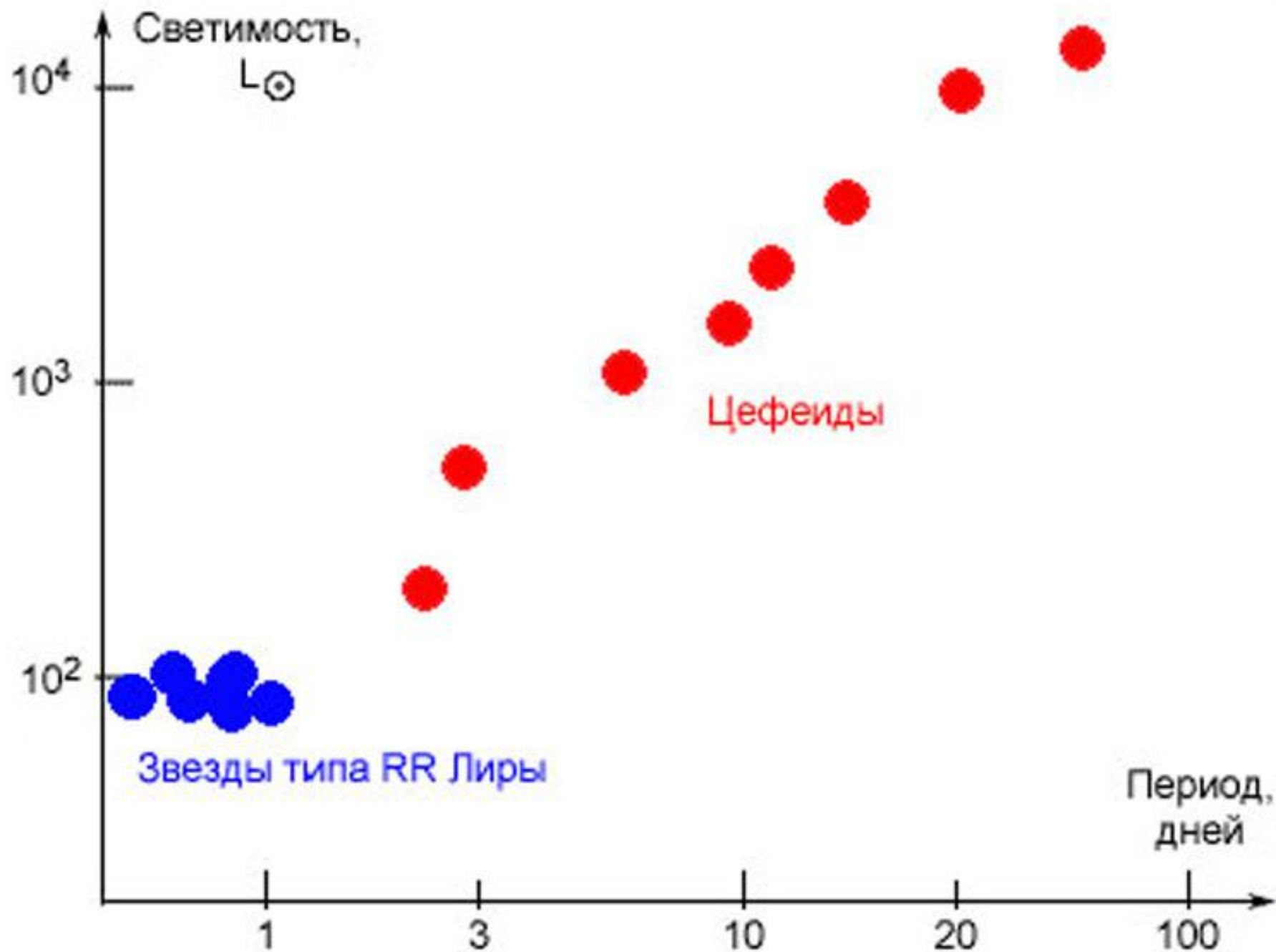


• MMO

• БМО

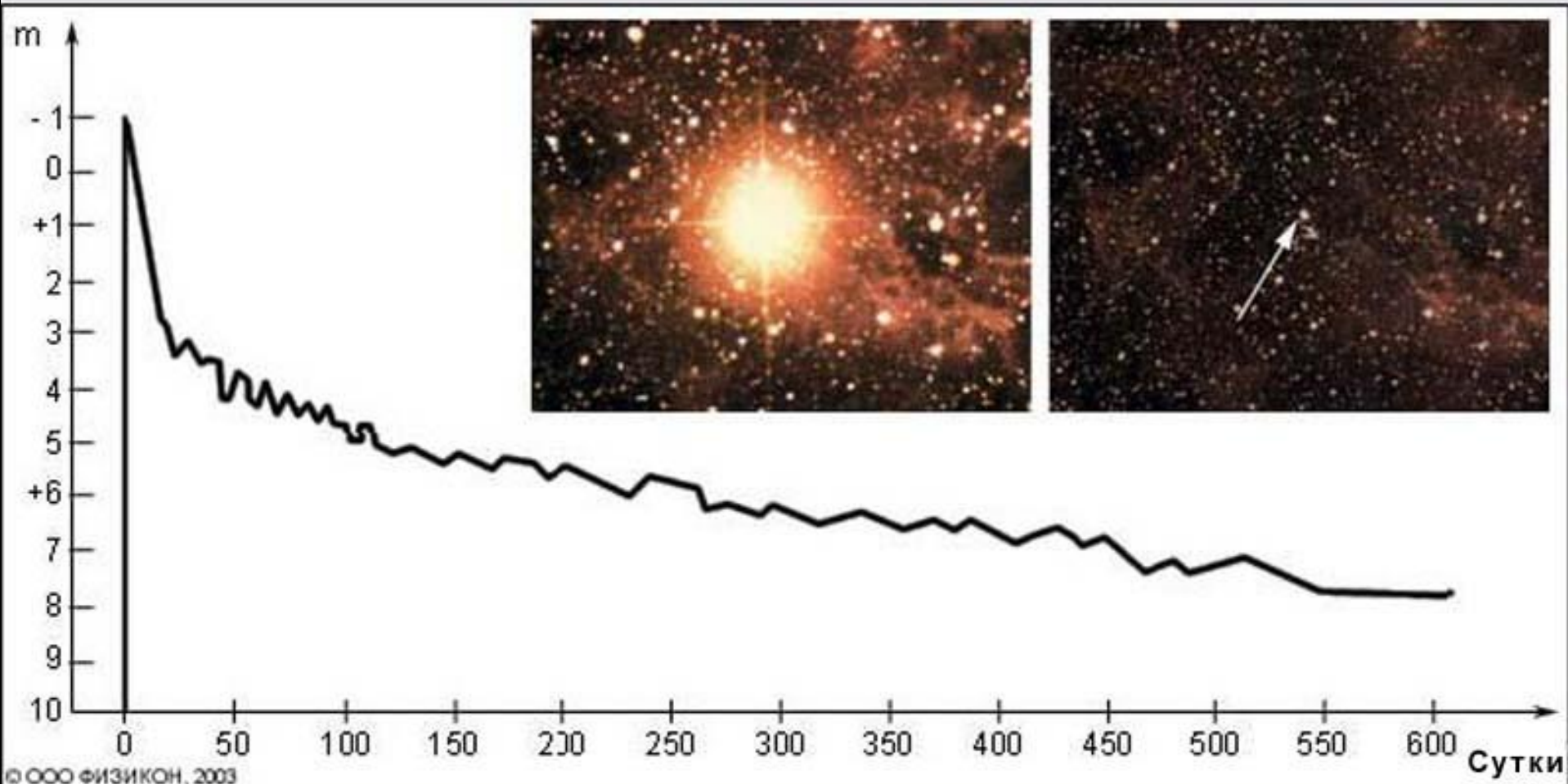


Хенриетта ЛИВИТТ, 1908





**SN 2005 в галактике M51 “Водоворот”**



# КОСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА РАССТОЯНИЙ

Рабочий диапазон метода

- Метод определения расстояния**
- Гравитационная линза (временная задержка)
  - Эффект Зельдовича - Сюняева
  - Сверхновые Ia стандартная свеча
  - Кинематика эллиптических галактик
  - Кинематика спиральных галактик
  - Сверхновые (метод Бааде-Весселинка)
  - Шаровые скопления (функция светимости)
  - Флуктуации поверхностной яркости
  - Новые как стандартная свеча
  - Планетарные тум-ти (функция светимости)
  - Цефеиды (период - светимость)
  - VLBI собственное движение
  - Переменные RR Lyg (стандартная свеча)
  - Звезды (метод Бааде-Весселинка)
  - Главная последовательность (совмещение)
  - Статистический параллакс
  - Групповой параллакс (движущиеся скопления)
  - Тригонометрический параллакс

