

Астрономия

Сурдин В.Г.

Лекция 11

Измерение расстояний до космических тел.

Параллакс.

Единицы расстояния в астрономии.

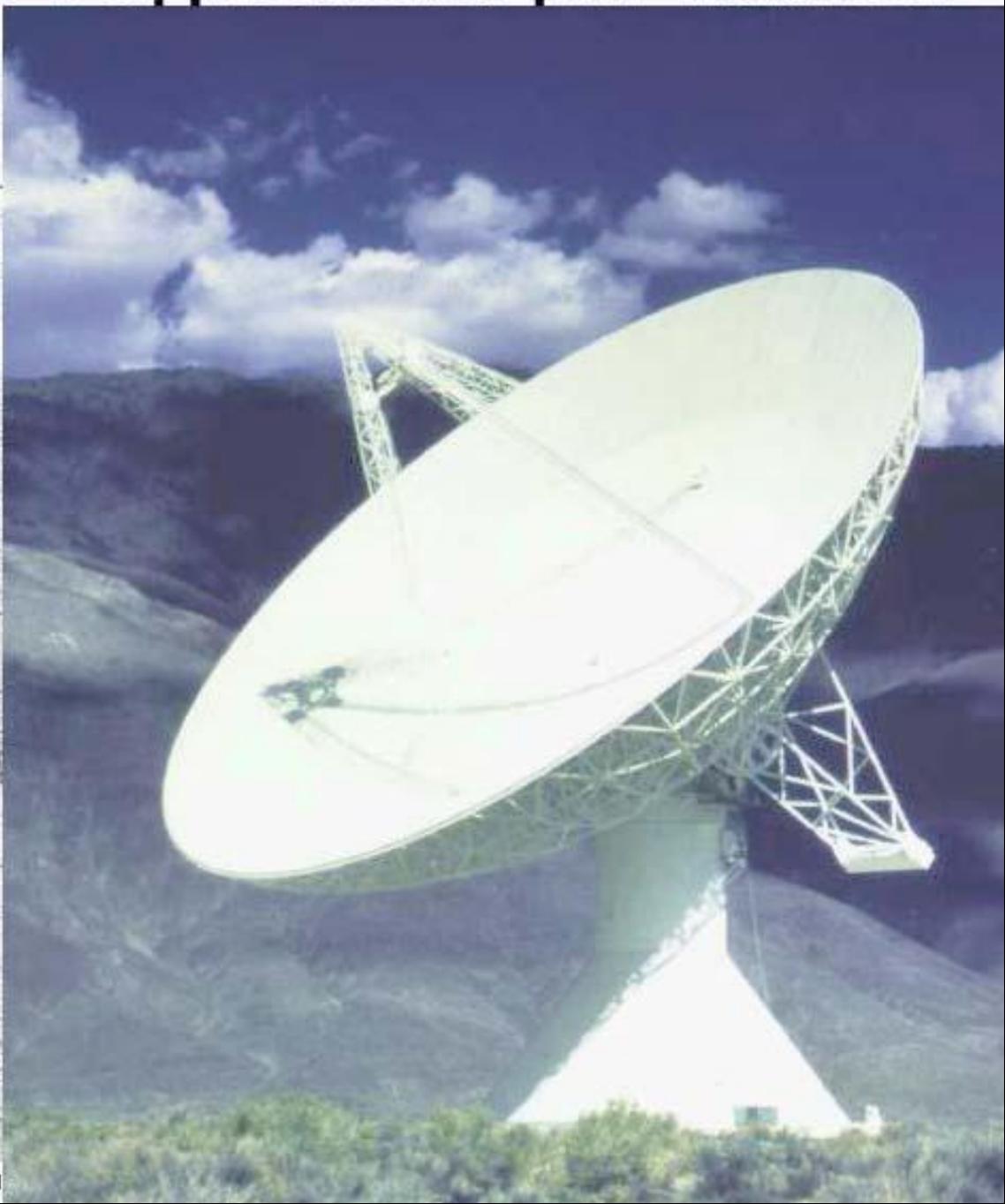
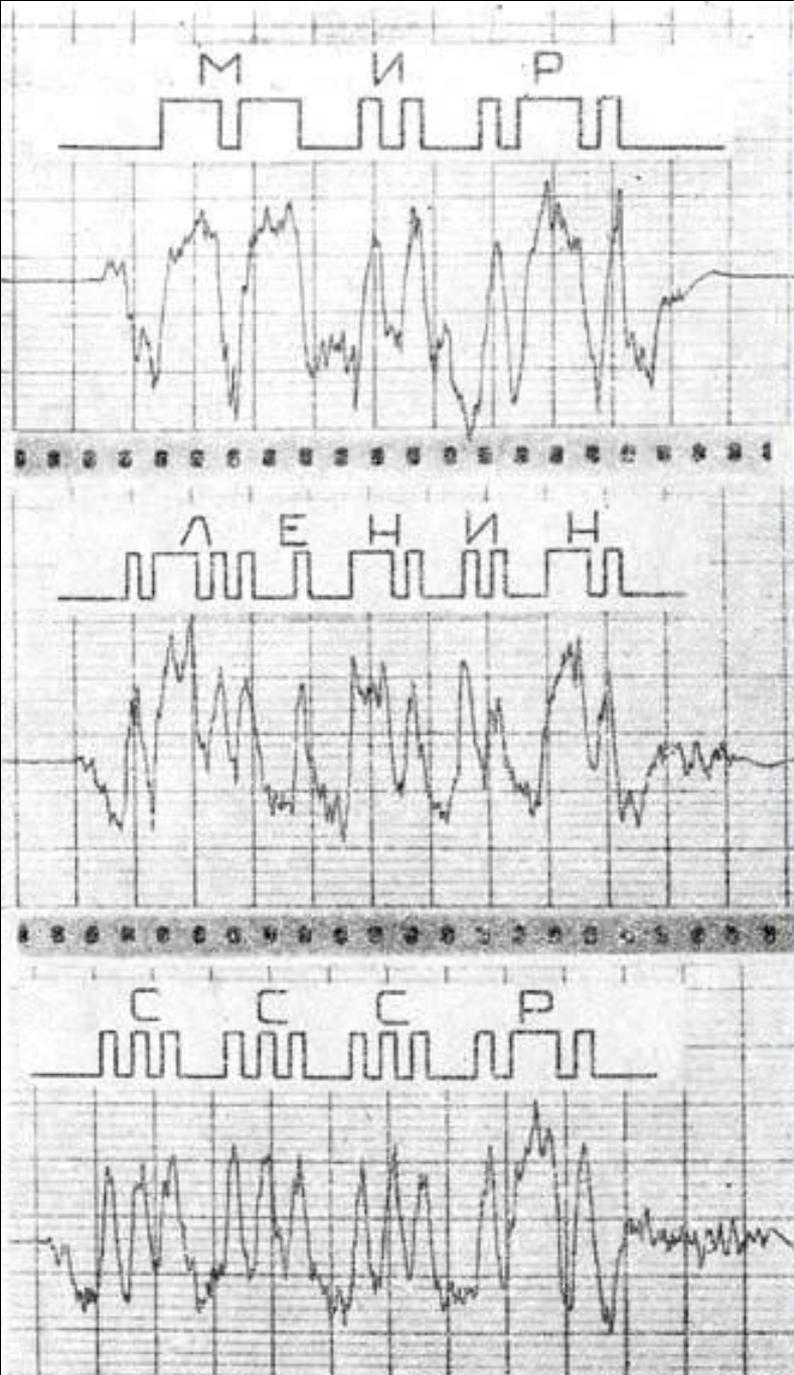


Методы измерения расстояний

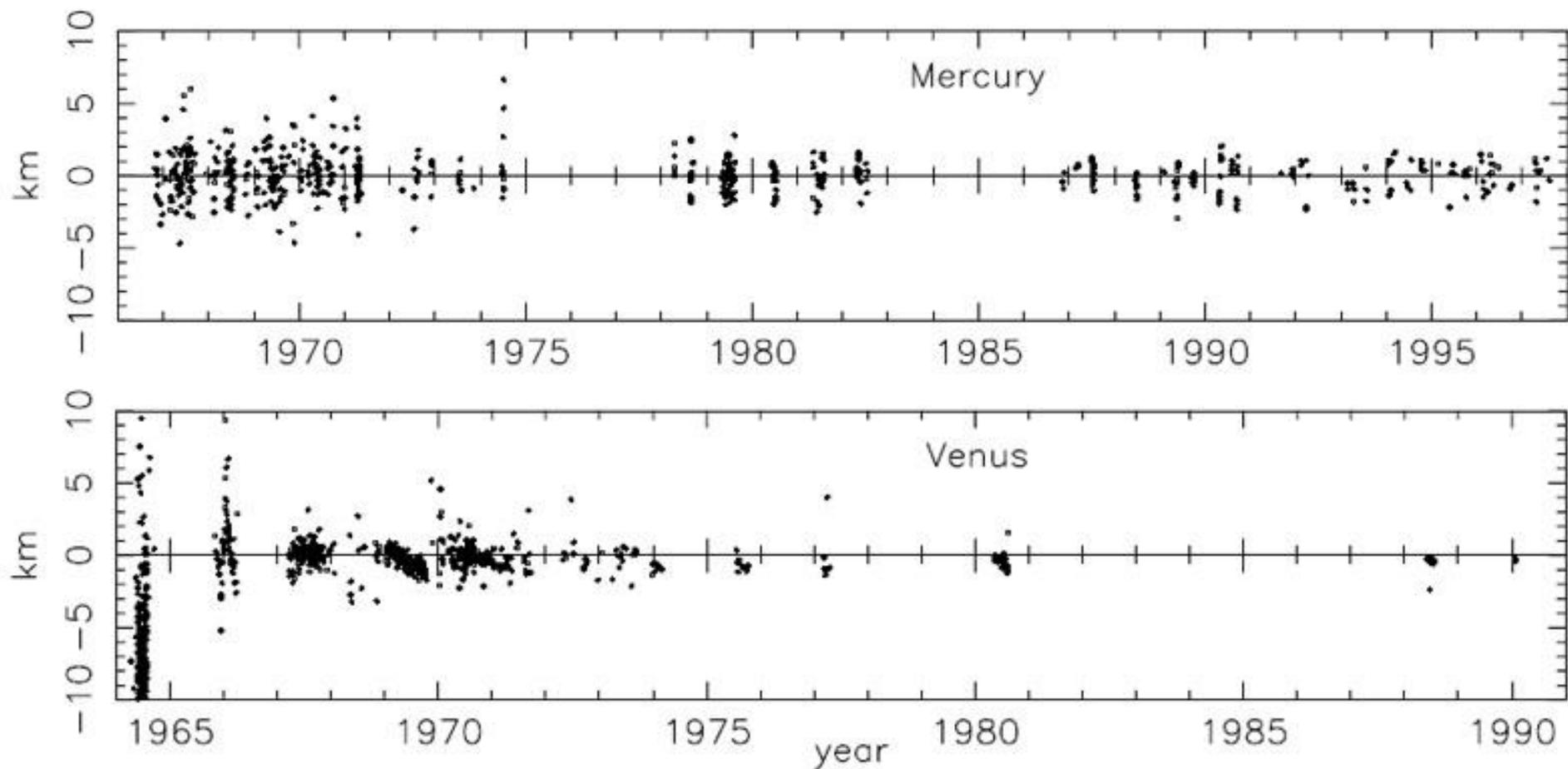
1. *Локация (радио и оптическая)*
2. *Тригонометрический параллакс*
3. *Кинематические методы*
4. *Фотометрические методы
(стандартная свеча, $I \sim R^{-2}$)*
5. *Метод аналогии
(стандартный отрезок)*

и т.д.

Радиолокация планет



Венера 1961 (Меркурий 1962, Марс Юпитер 1963)



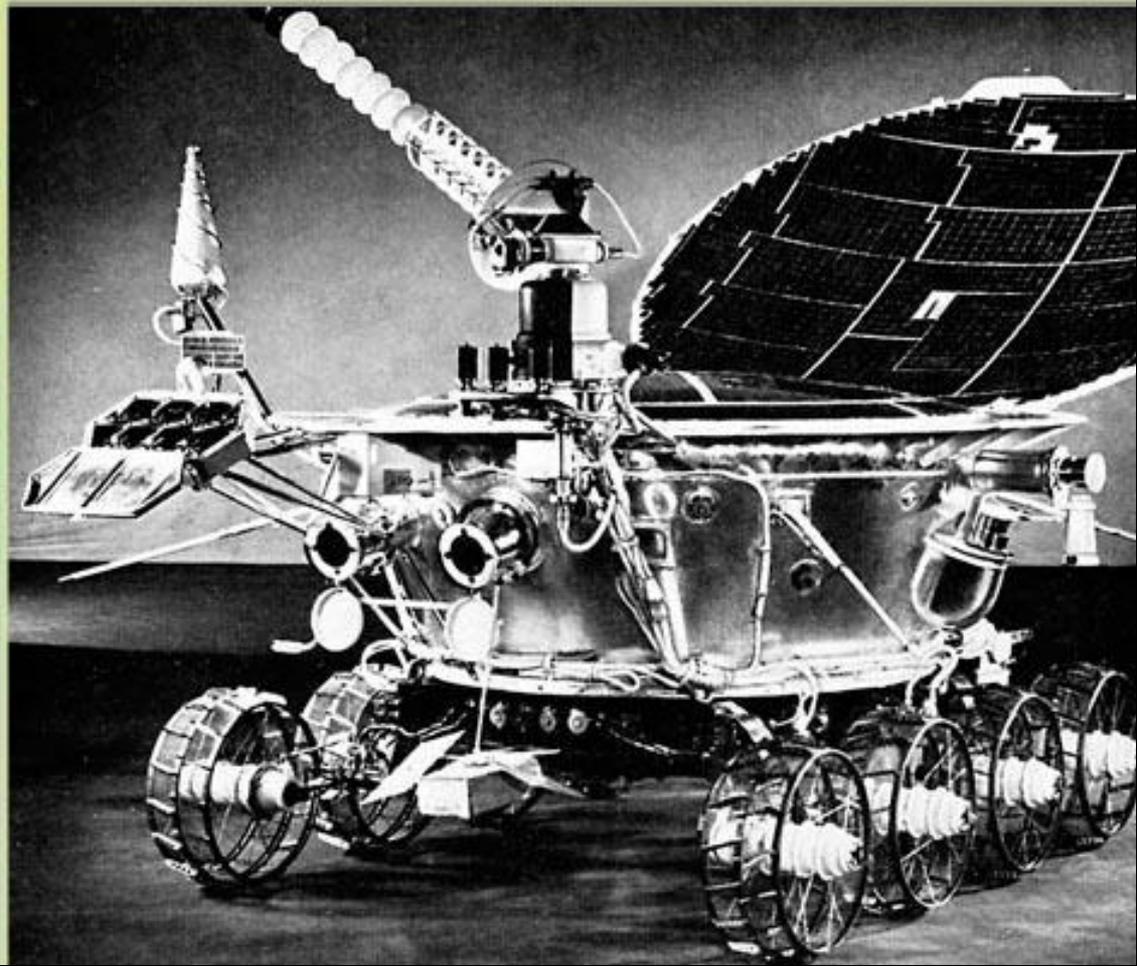
Невязки радиолокационного измерения расстояний до Меркурия и Венеры

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

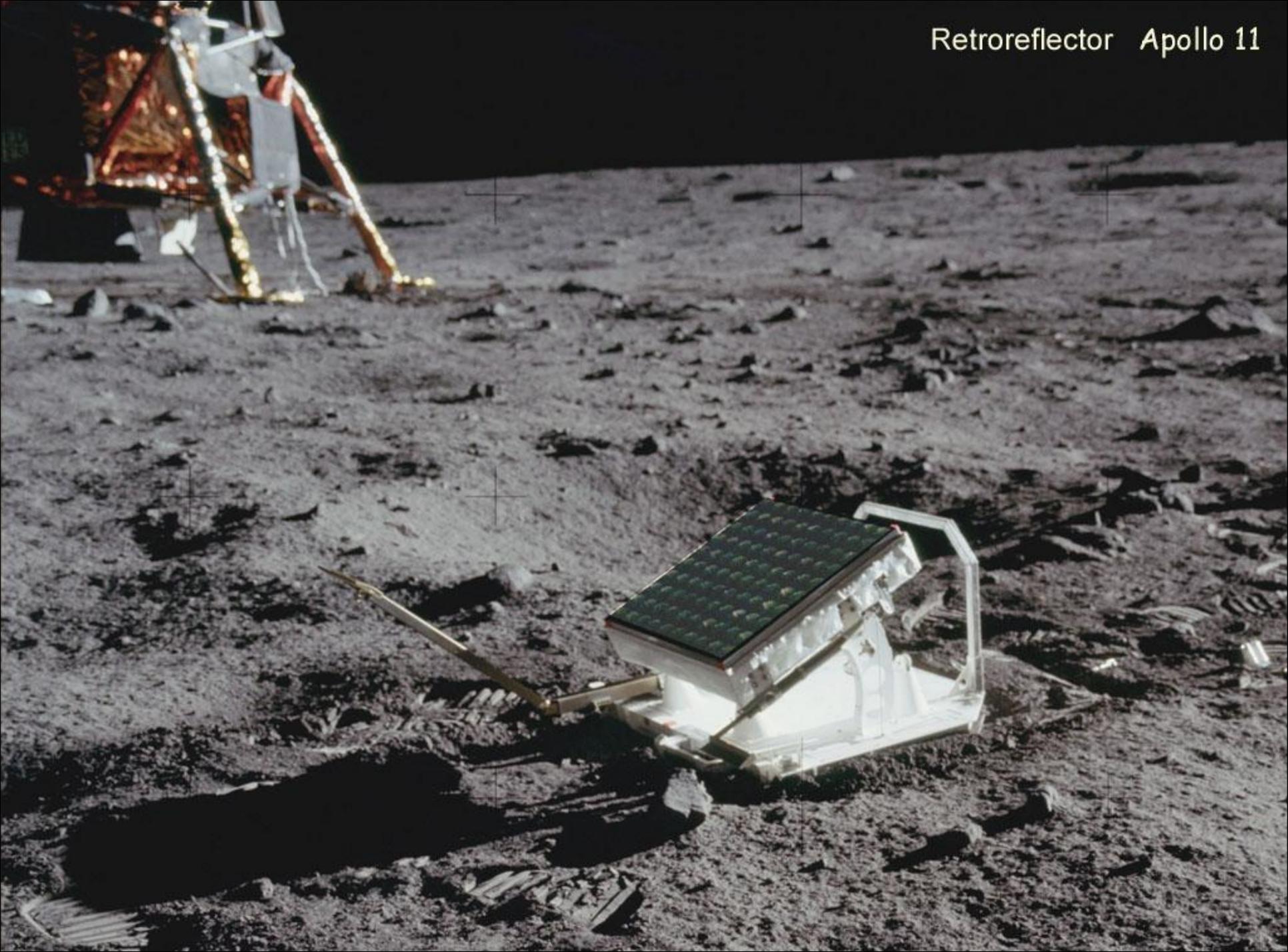
Меркурий до сих пор представляется эллипсоидом

Лазерная локация Луны

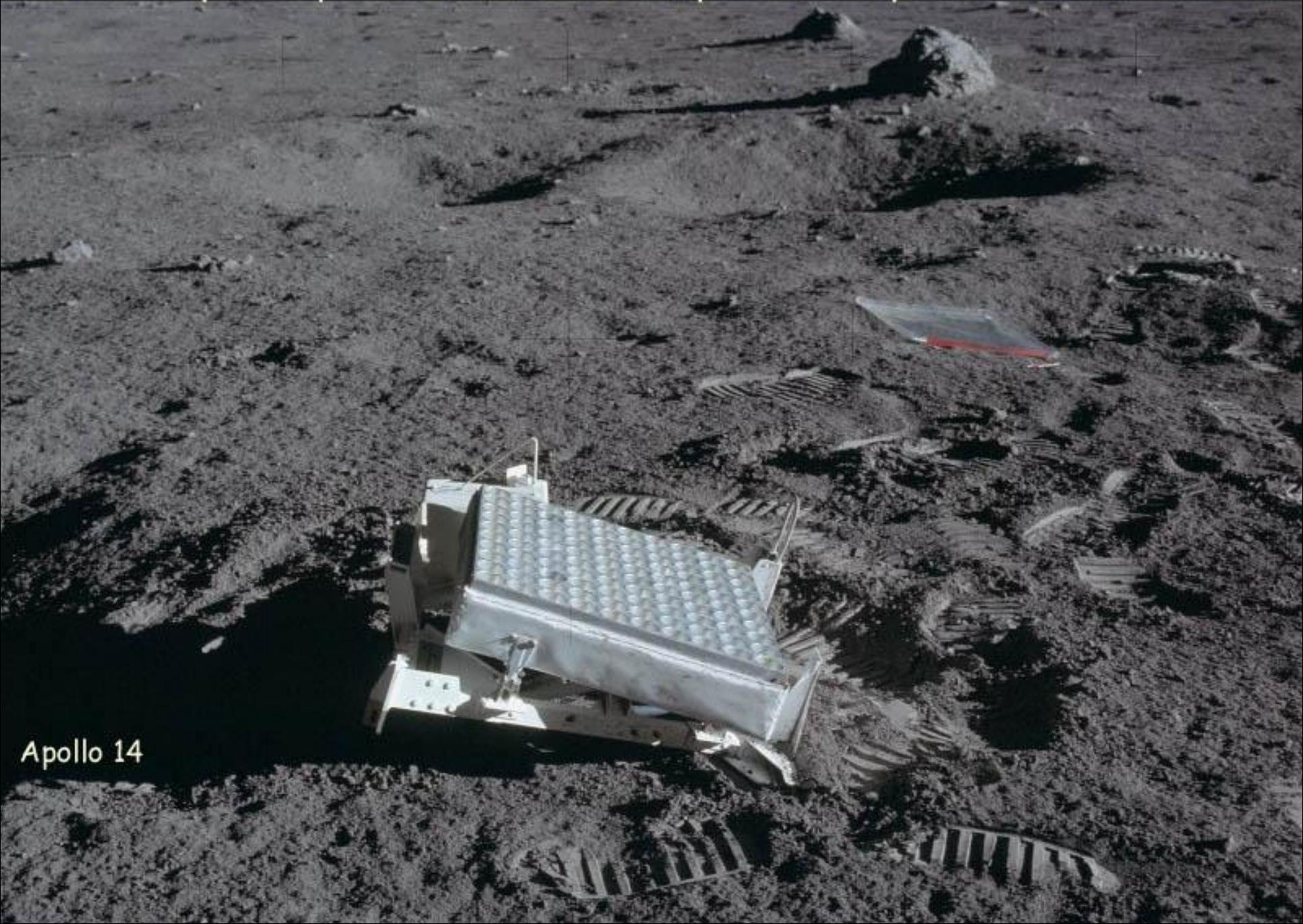
(точность ~ 1 см)



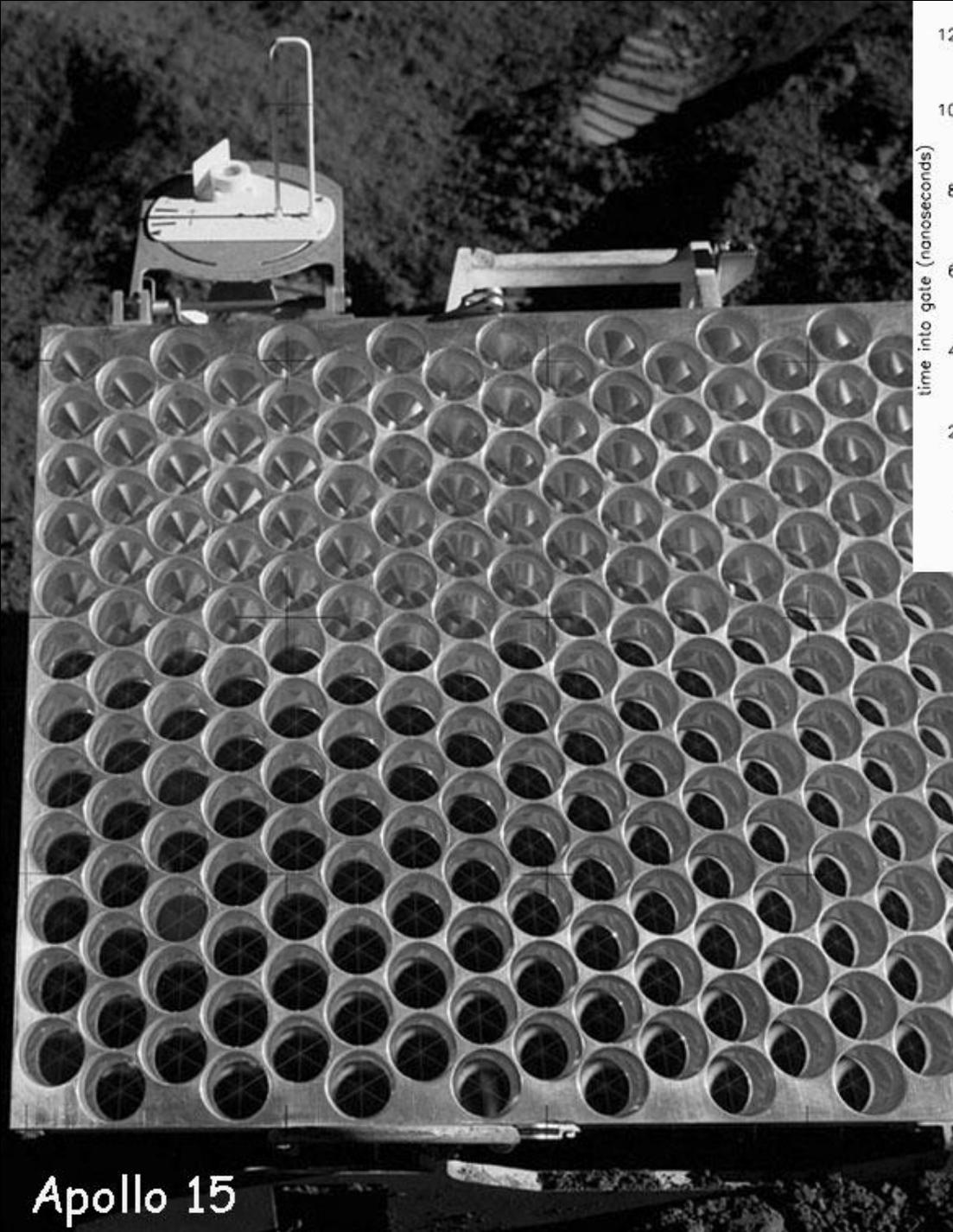




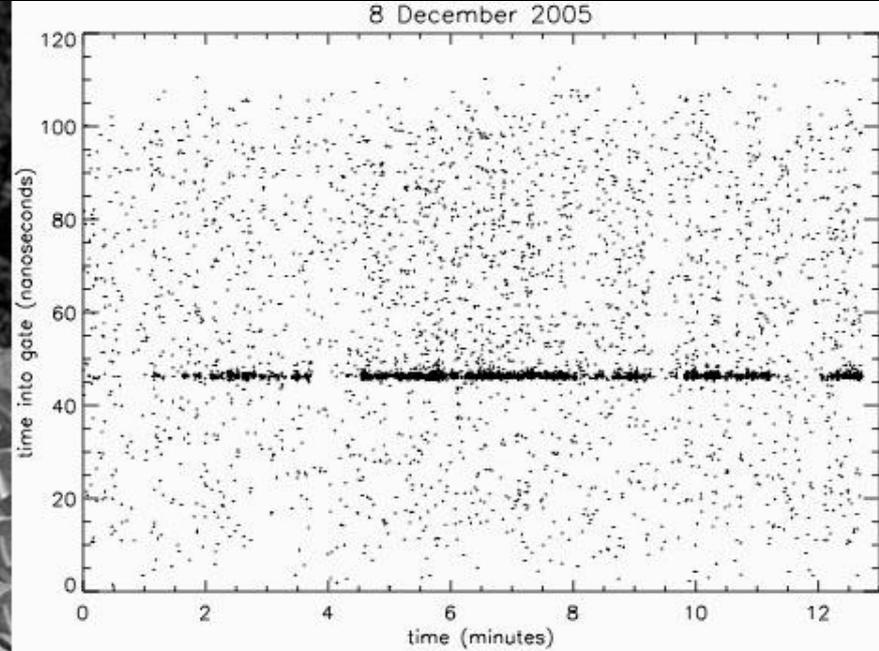
Диаметр лазерного пятна на поверхности Луны около 6,5 км



Apollo 14



Apollo 15



Точность измер. расстояния ~ 1 мм

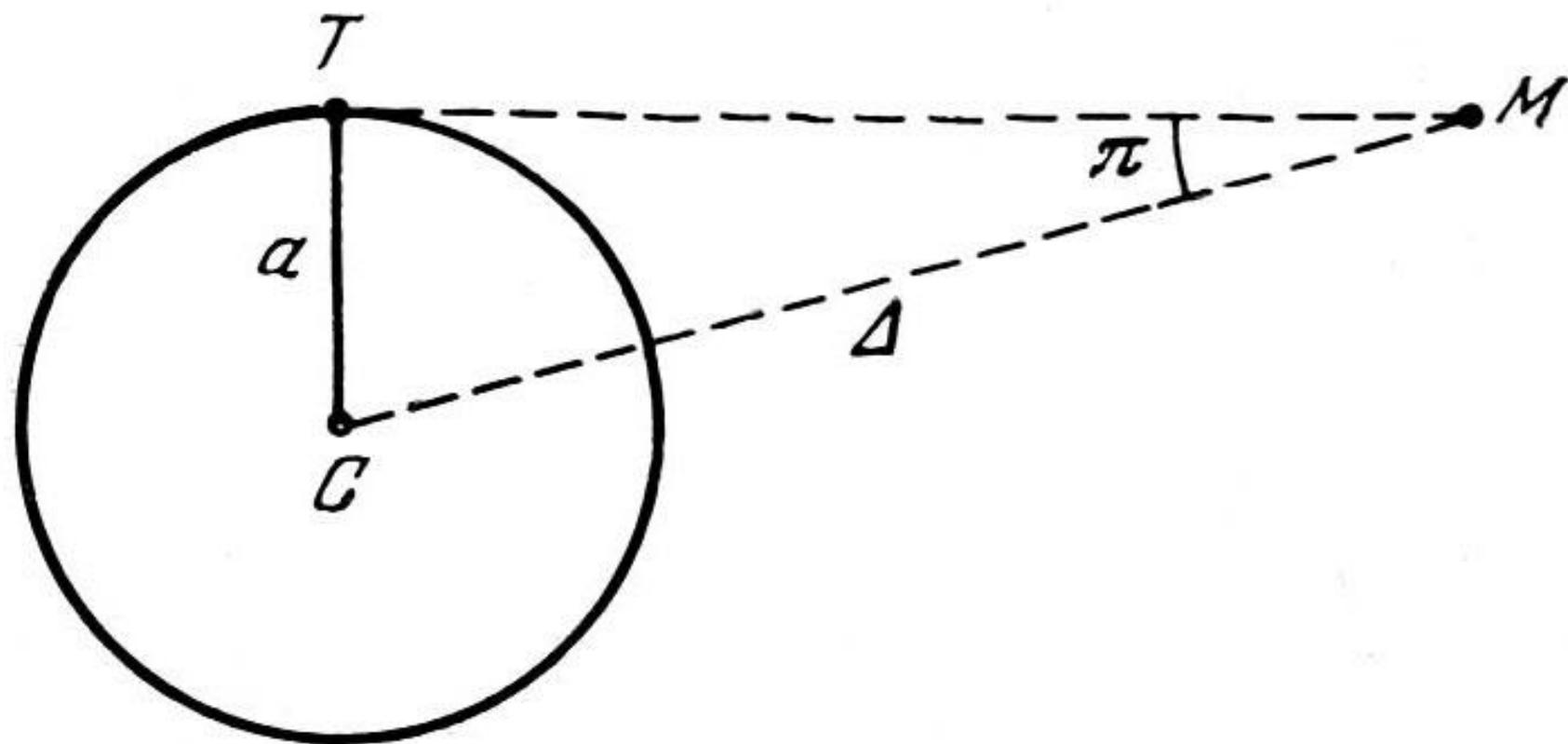
Расст. до Луны увелич. на 38 мм/год

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

Точность орбитального движения
достаточна для вычисления
солнечных затмений на ± 3400 лет

Возможны тесты для ОТО

Параллакс суточный, горизонтальный, годичный



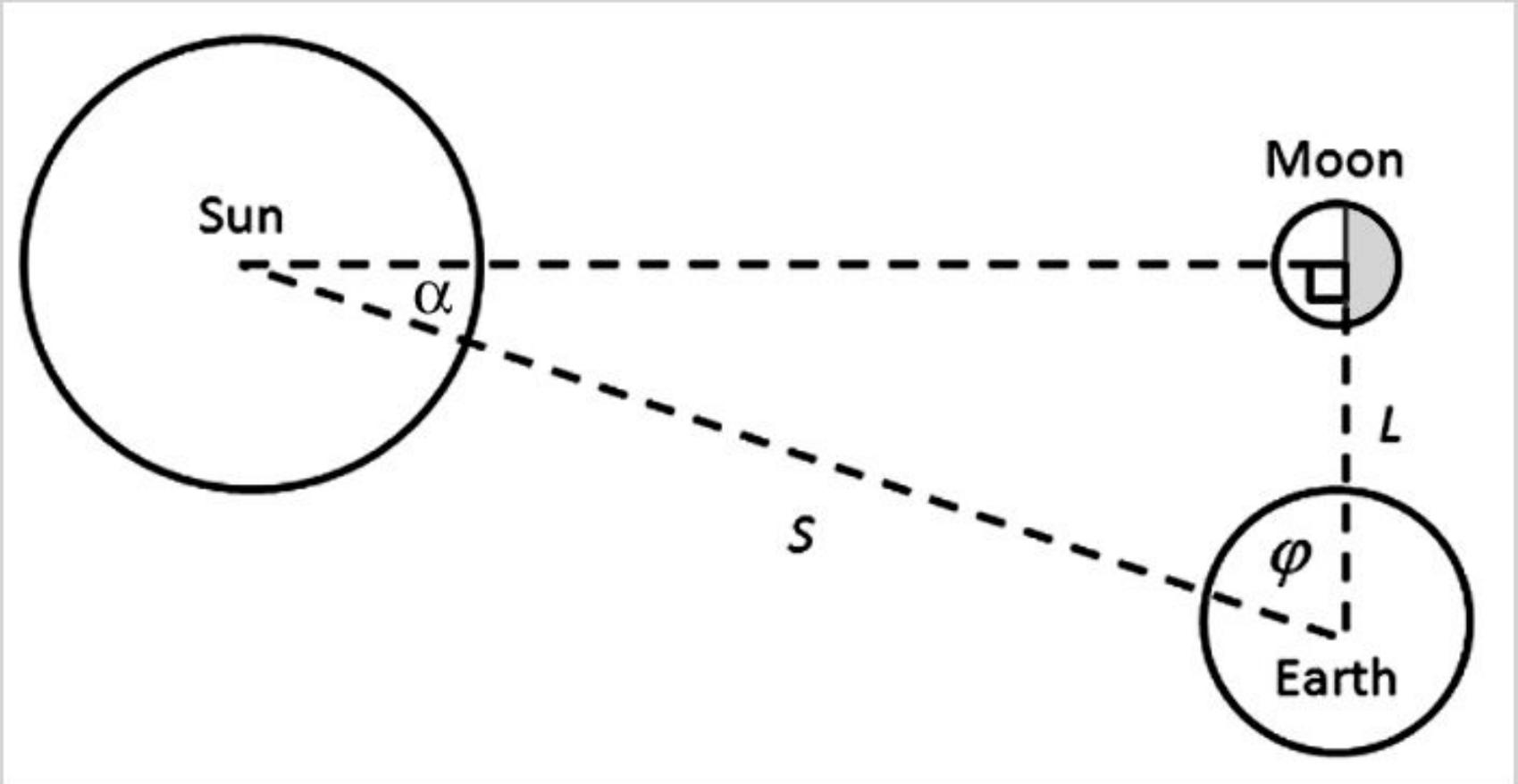
$$\Delta \rightarrow D$$

$$\pi \rightarrow p$$

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

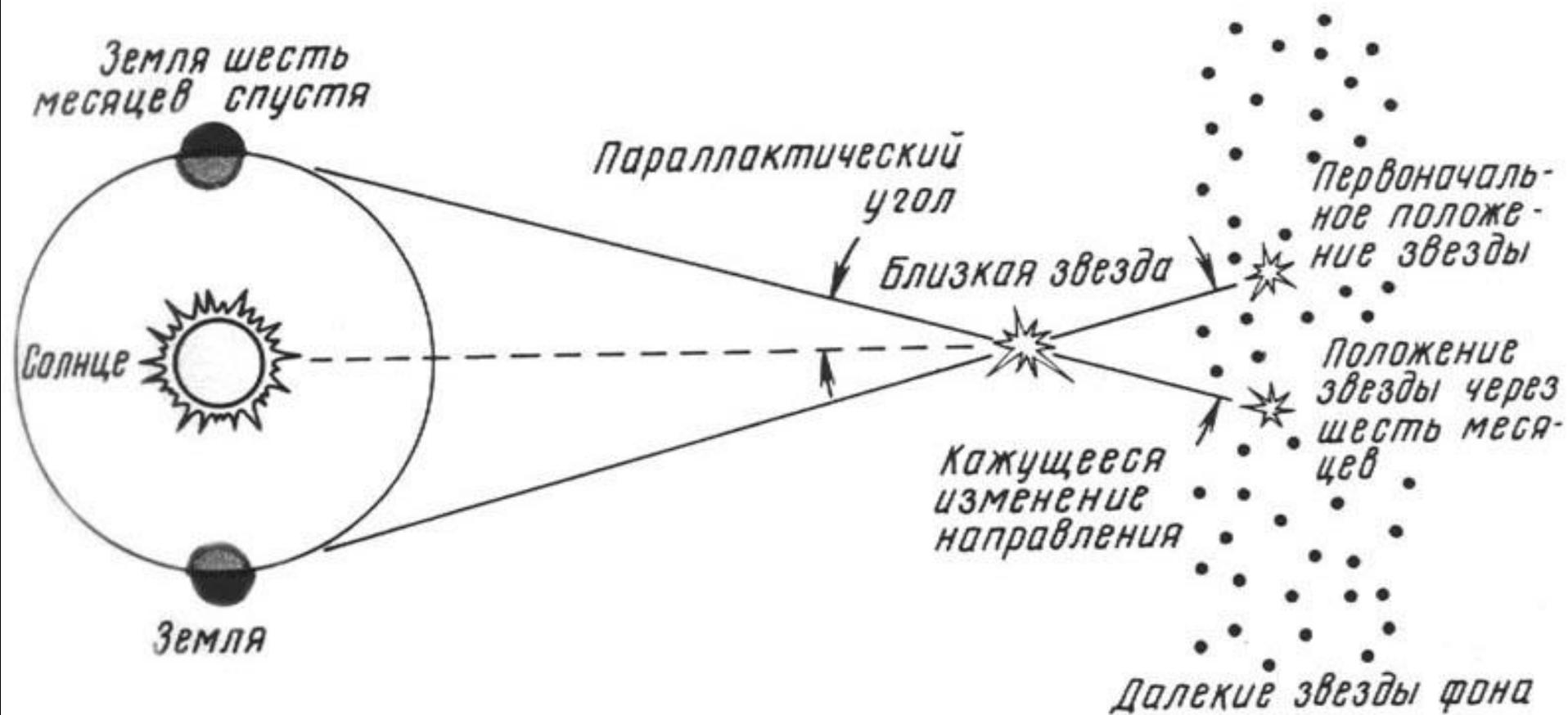


Греческий астроном **Аристарх Самосский** (310-230 до н.э.),
коперник античного мира - автор первой гелиоцентрической системы,
впервые стал измерять расстояния до небесных тел путем наблюдений



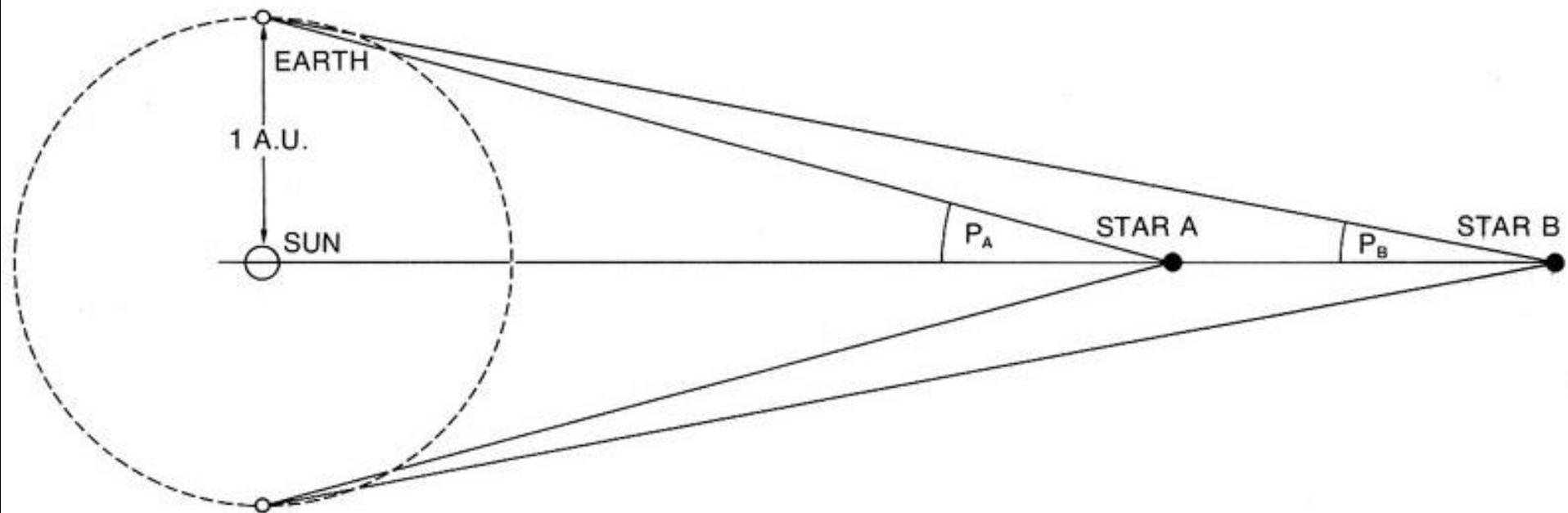
Аристарх:	$\varphi = 87^\circ$	$\alpha = 3^\circ$	$S/L = 19$
Истина:	$\varphi = 89^\circ 51'$	$\alpha = 9'$	$S/L = 391$

Эффект параллактического смещения звезд

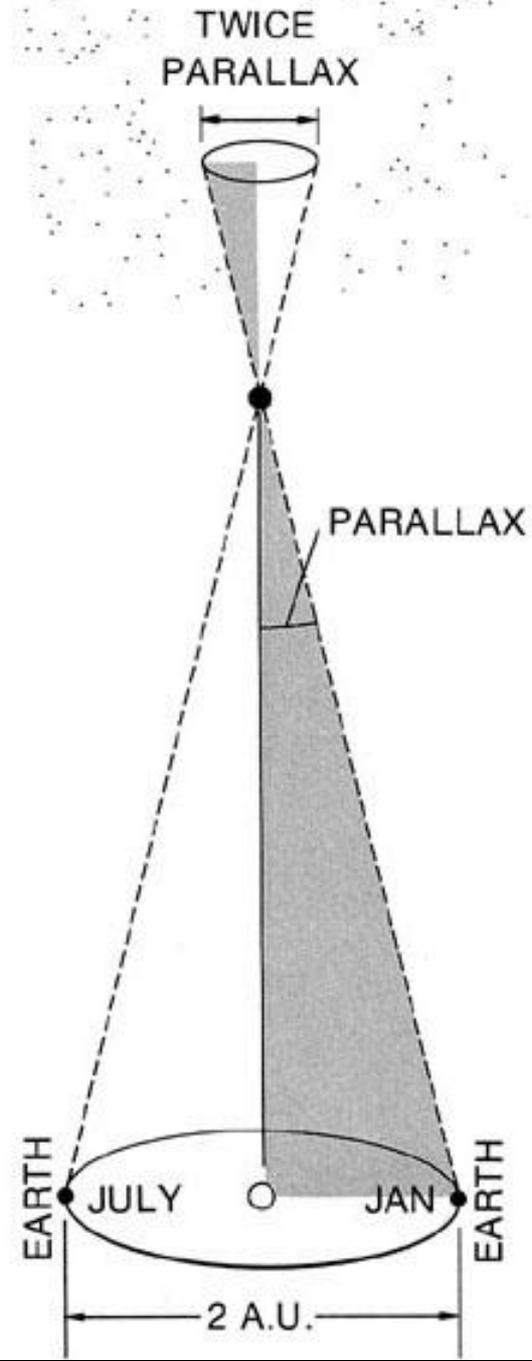


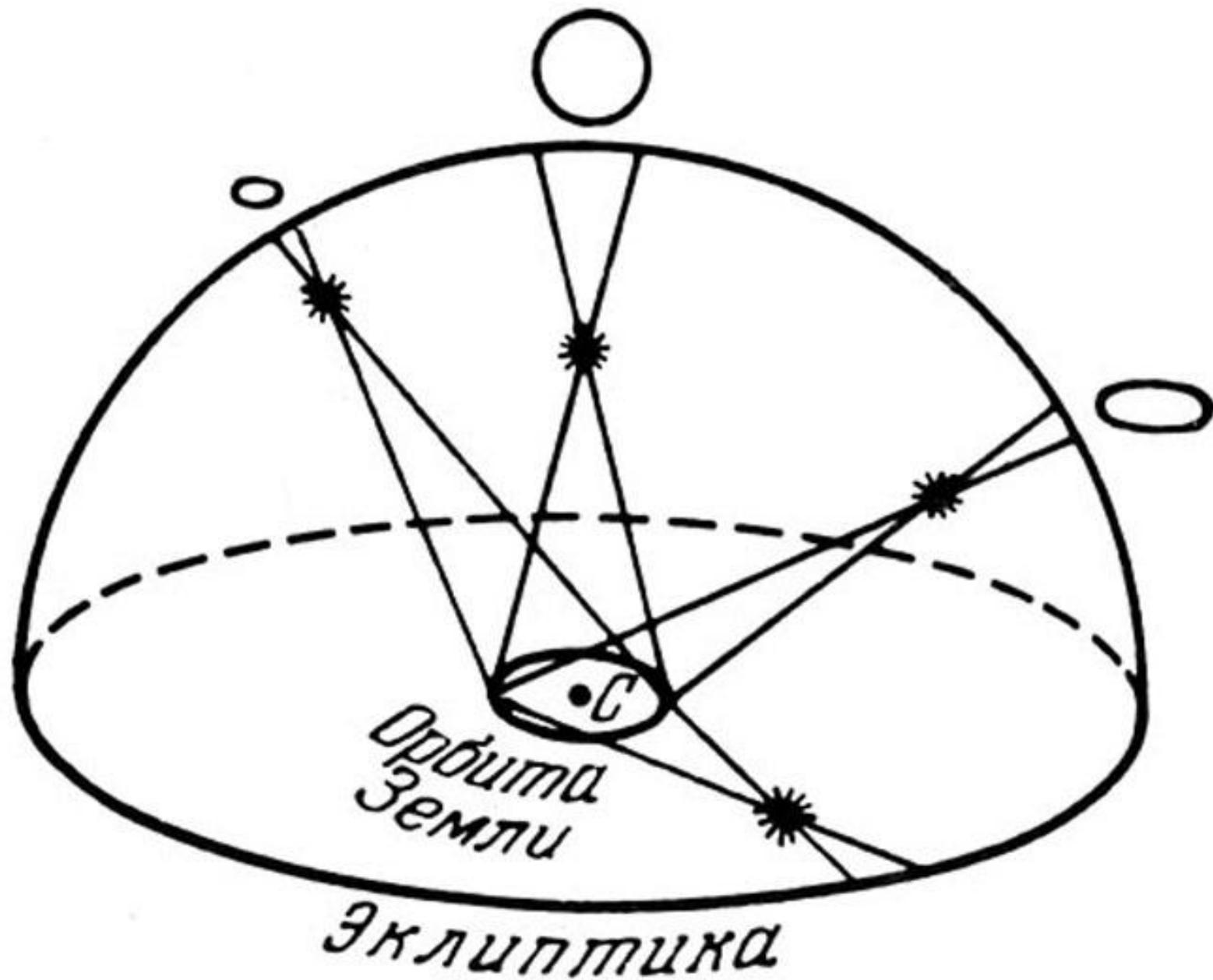
Внимание: на практике измеряют не абсолютный, а относительный параллакс, определяя положение изучаемой звезды относительно звезд фона.

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
(ρ или π)**





Парсек

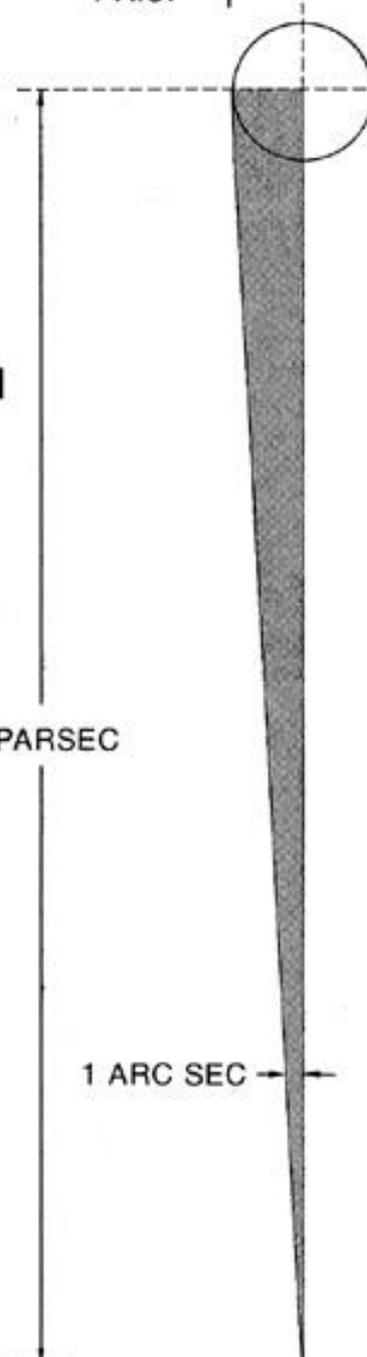
(ПАРаллакс + СЕКунда)

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. → ←



Обозначение

1 pc

1 ПК

(1 пс)

Соотношение

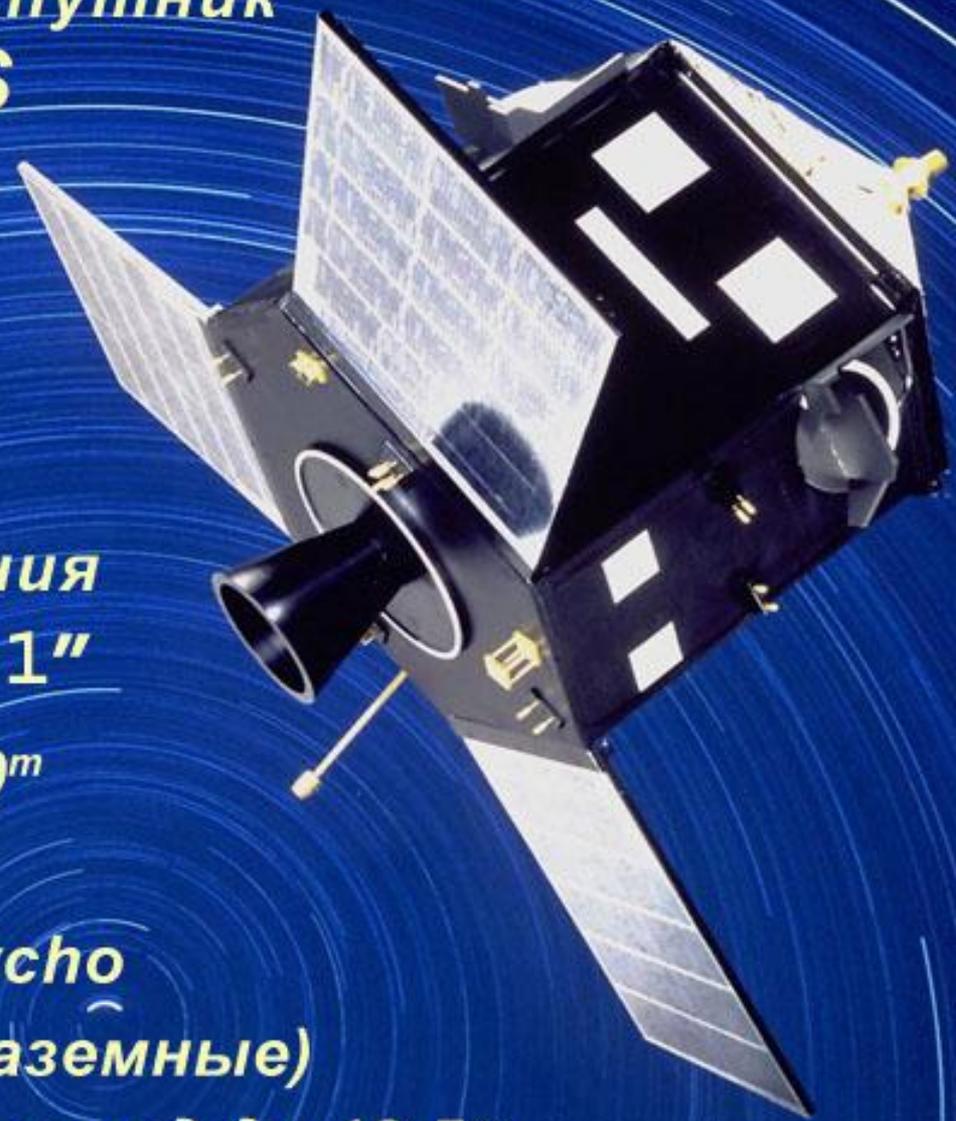
$$\begin{aligned} 1 \text{ ПК} &= 3,26 \text{ св.года} \\ &= 206265 \text{ а.е.} \\ &= 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м} \end{aligned}$$

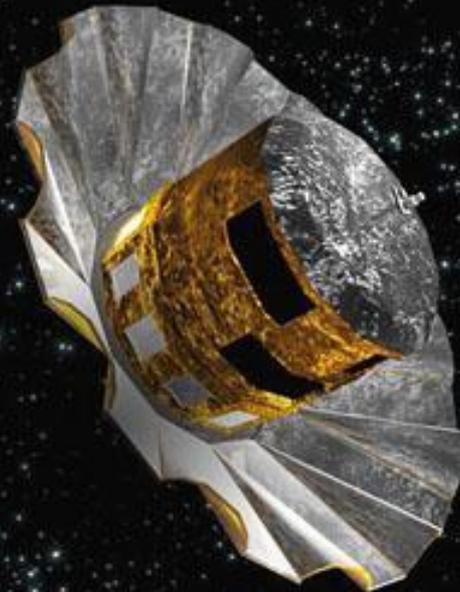
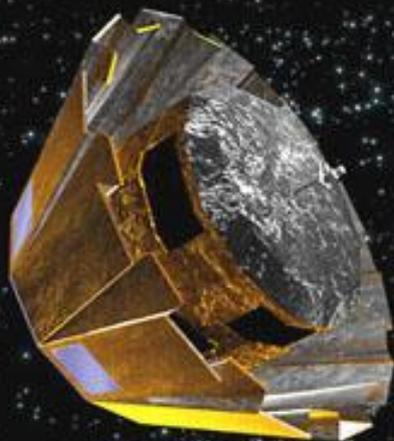
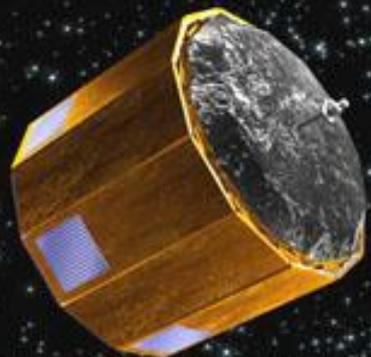
**Астрометрический спутник
HIPPARCOS
(1989-1993)**

**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 $0,003''$**





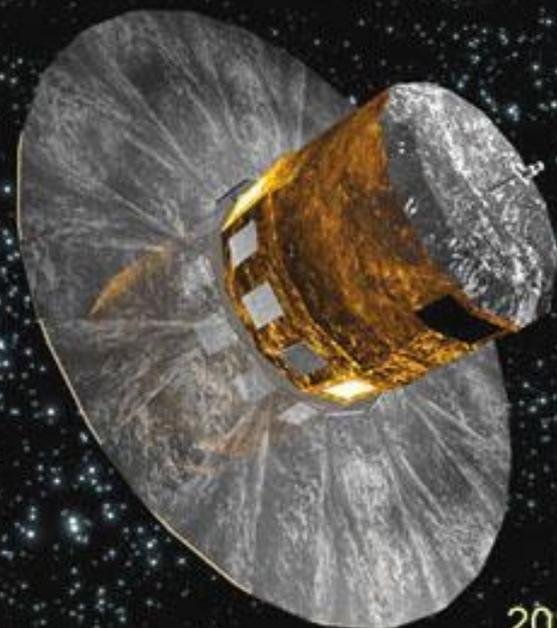
Gaia

Global Astrometric Interferometer for Astrophysics, ESA

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

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

“Союз” в точку L₂

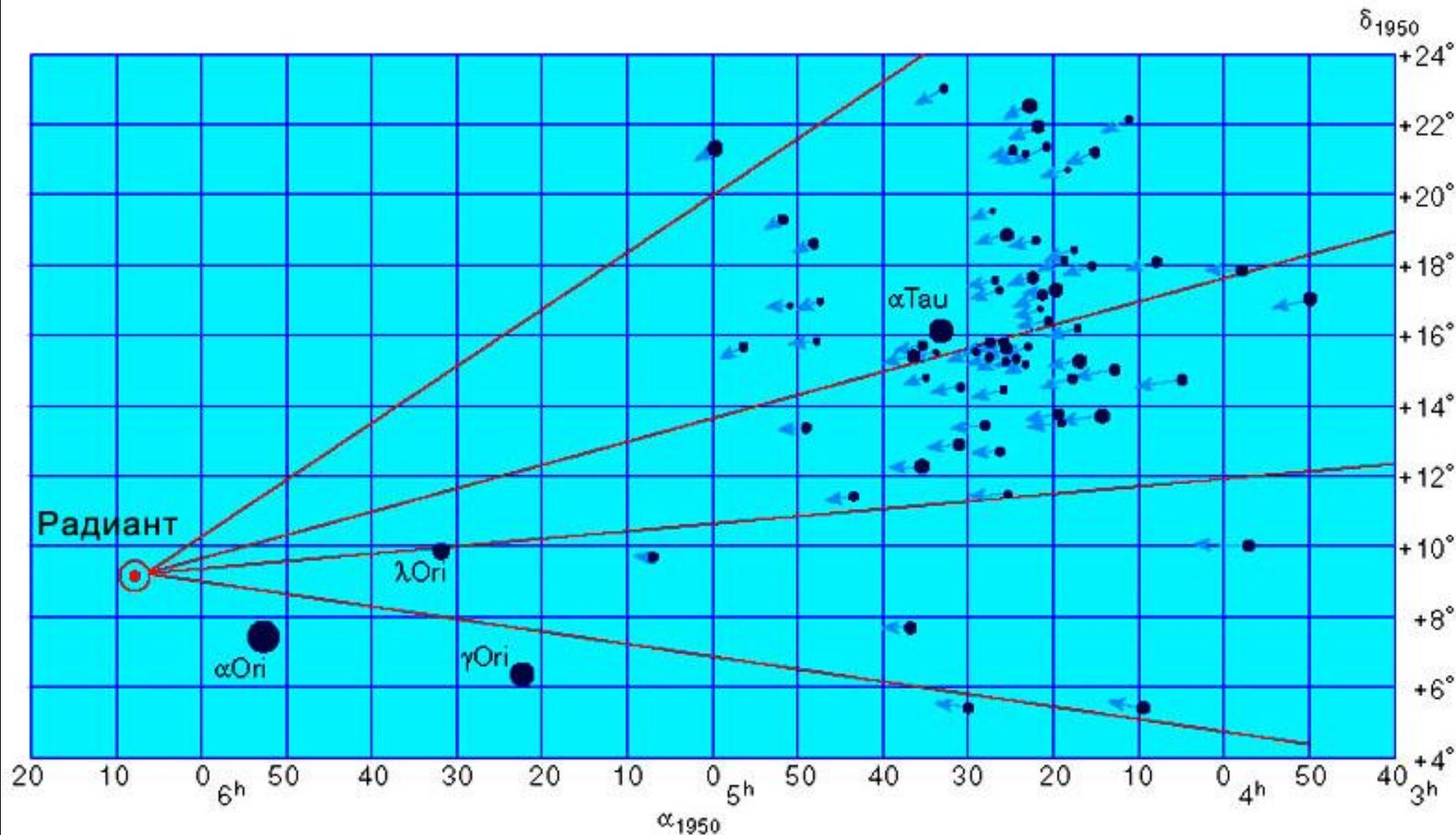


2013



Явление перспективы

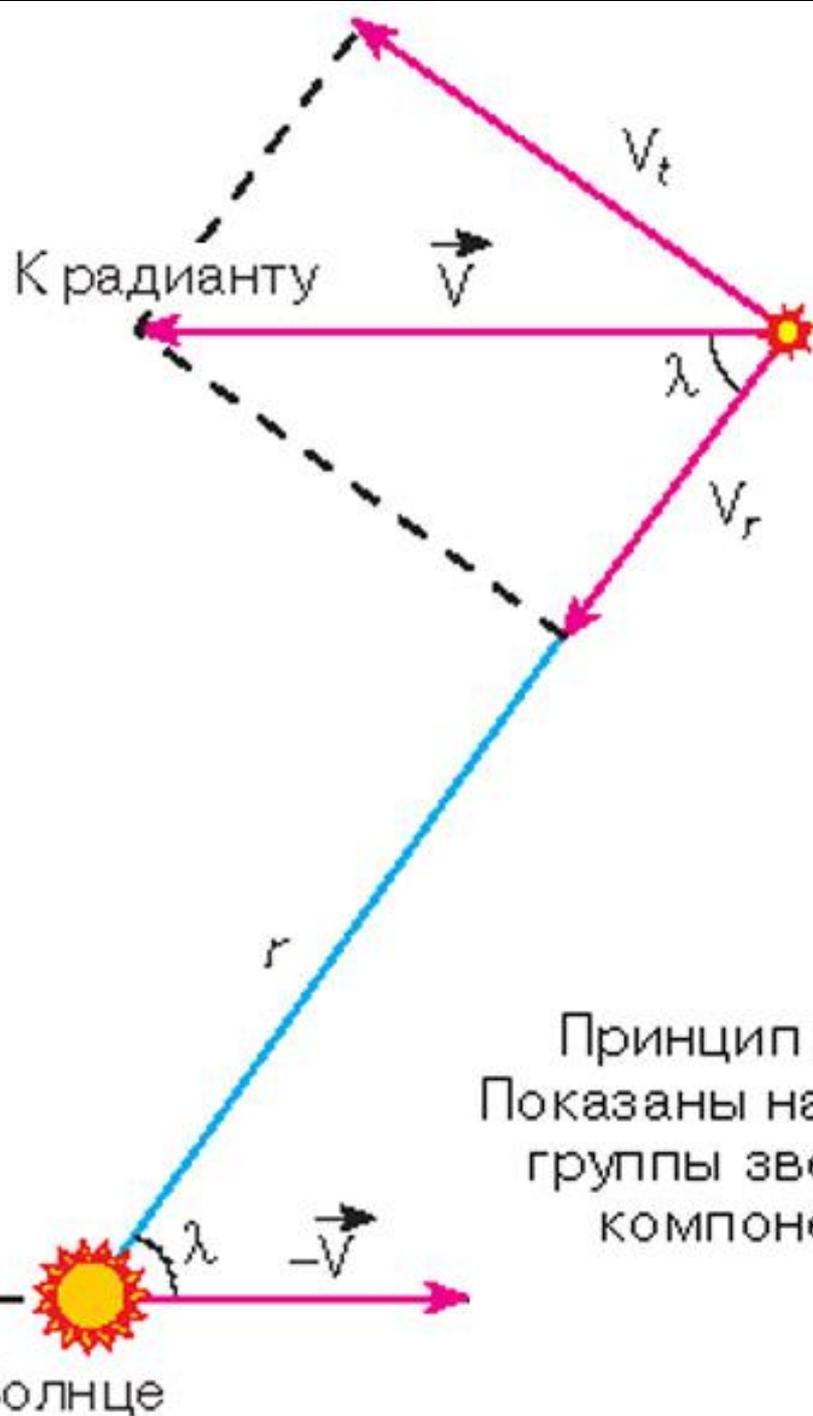
Метод группового параллакса



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

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

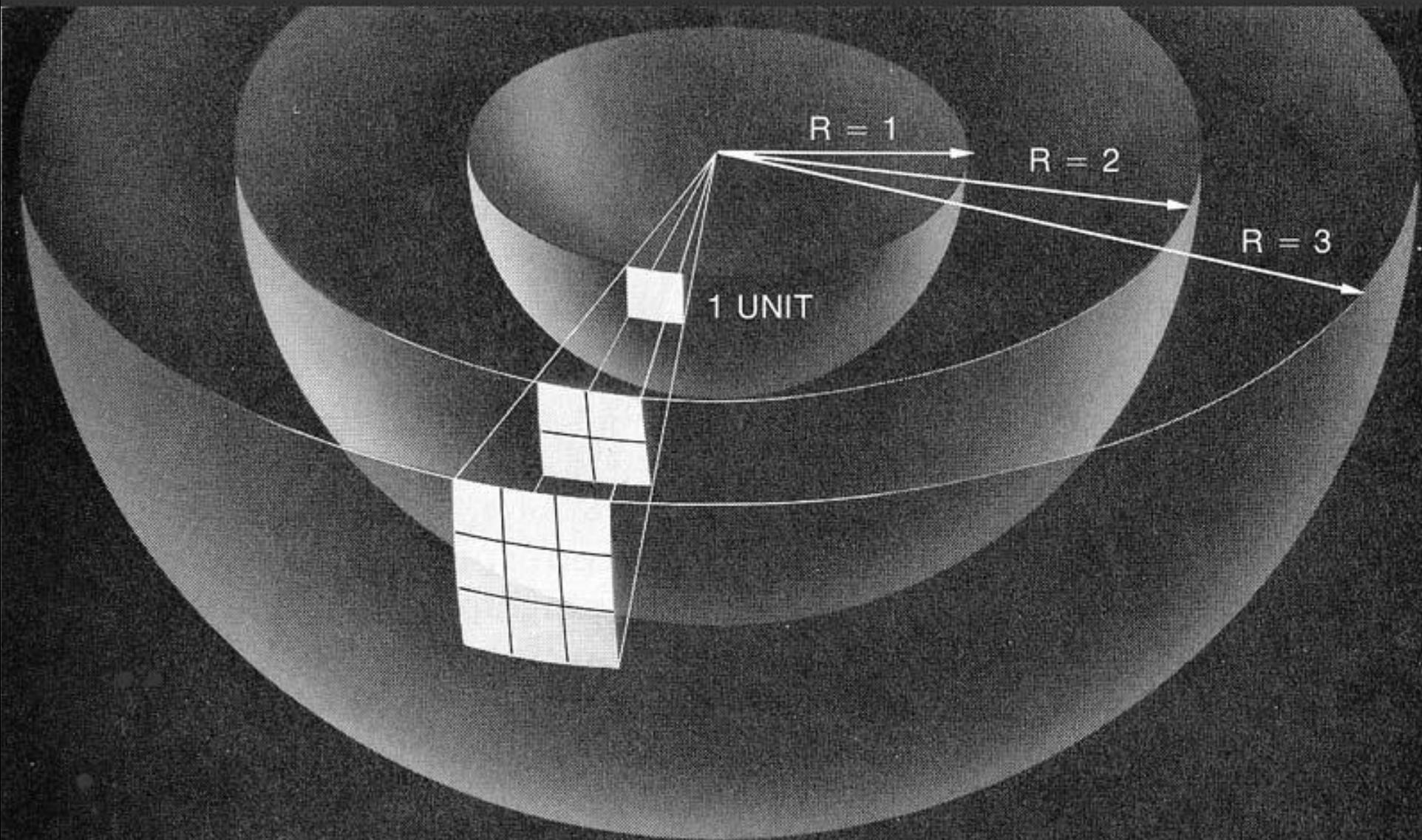
Групповой параллакс



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

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

Фотометрические методы

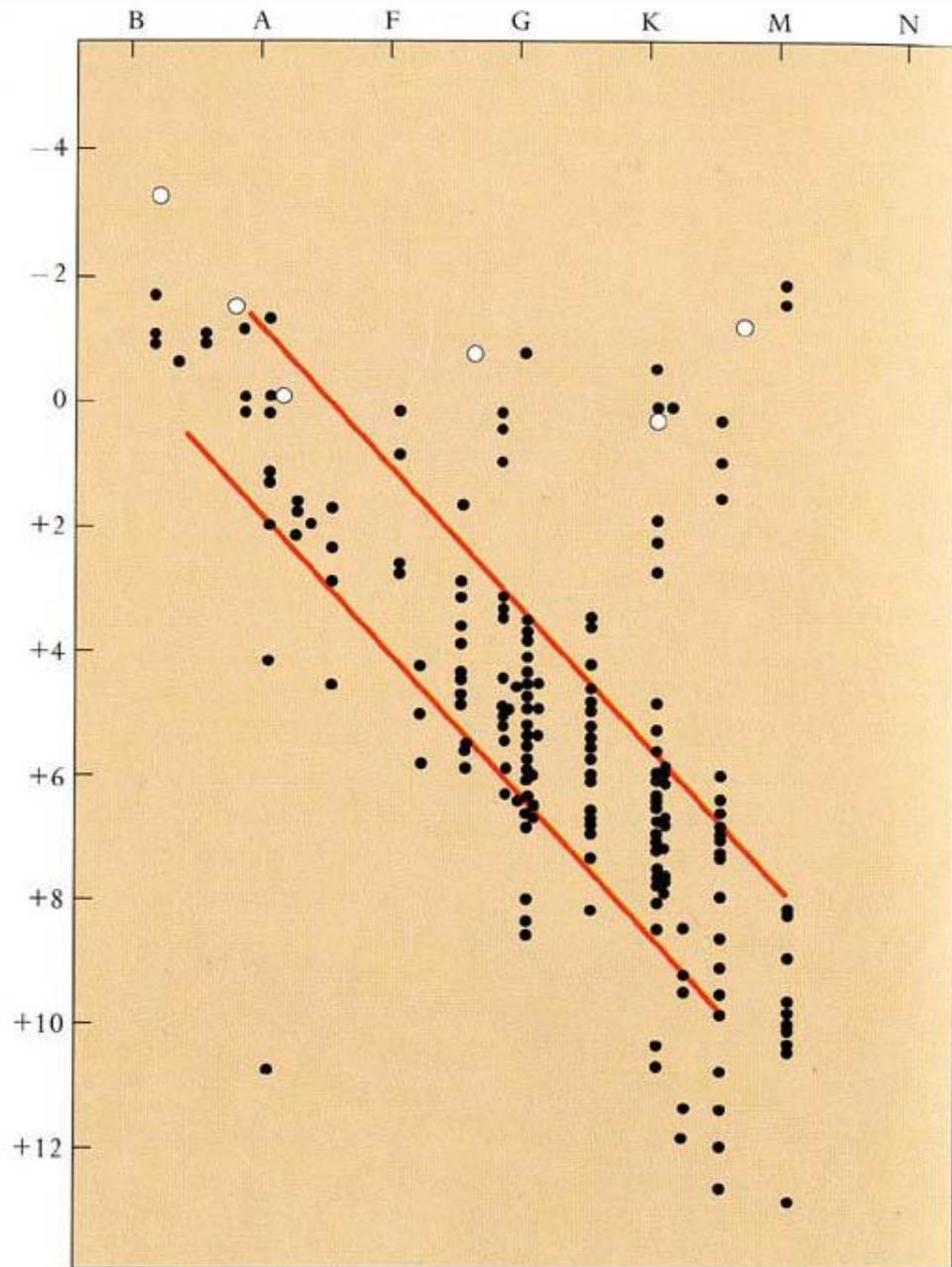


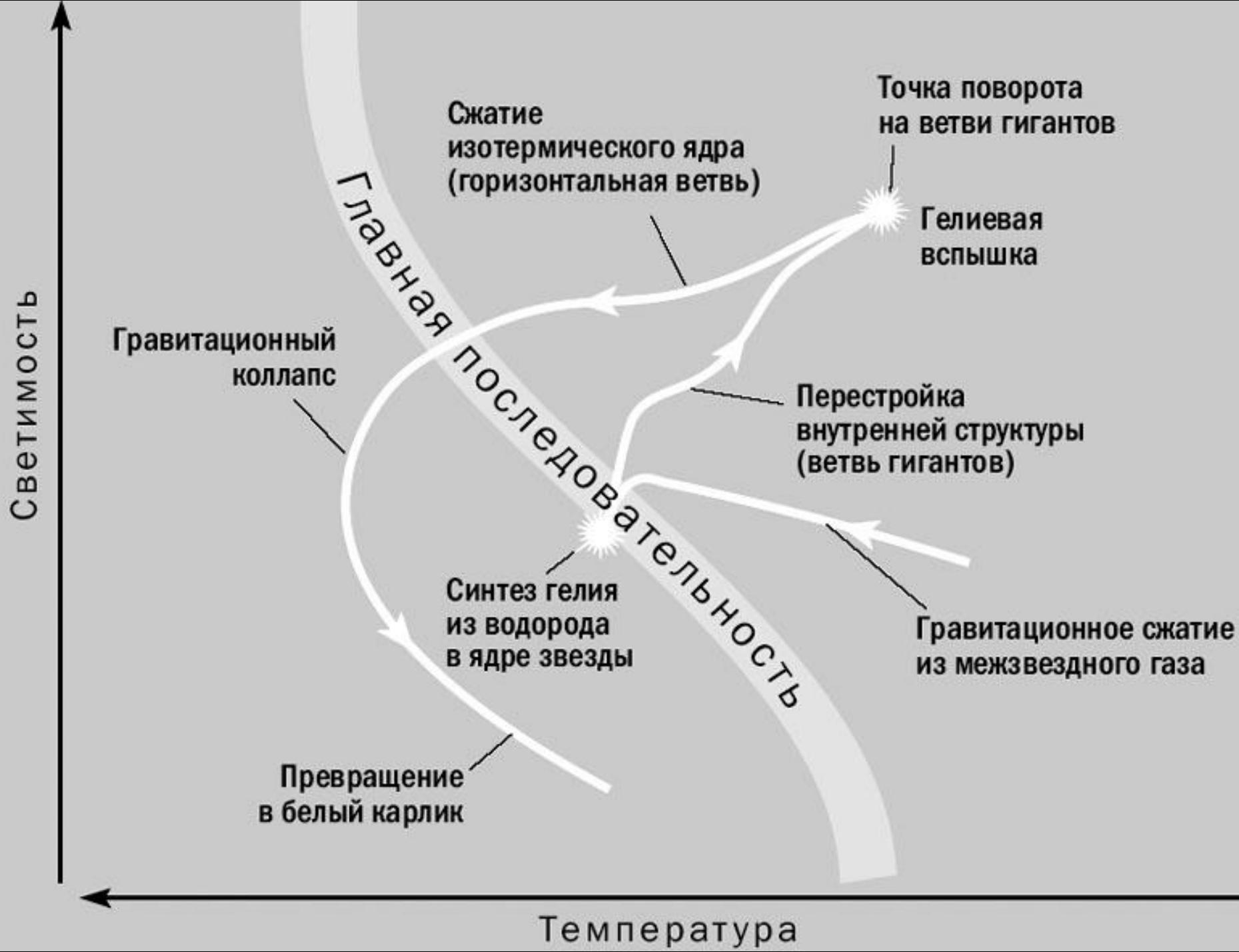


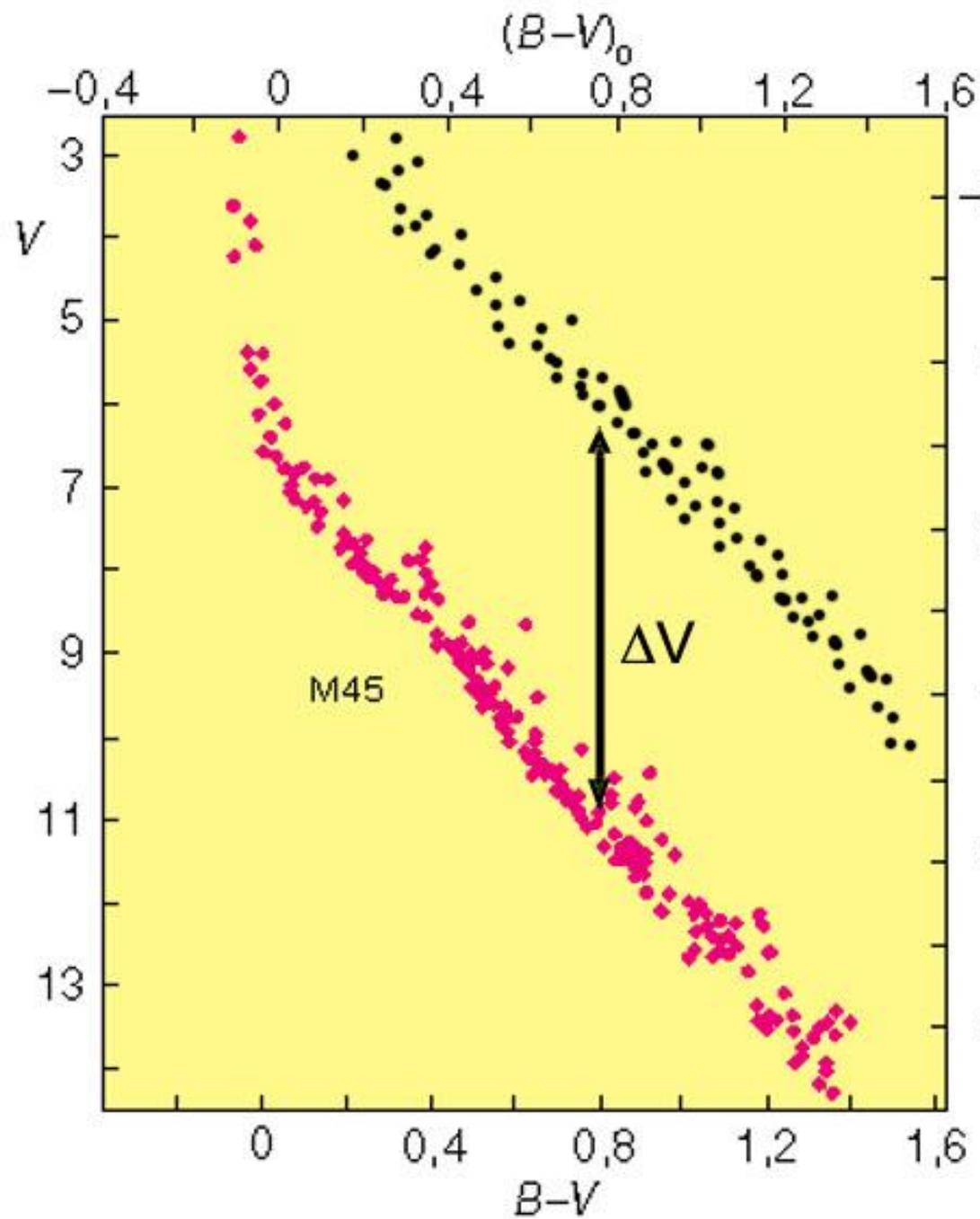
Генри Норрис Рассел



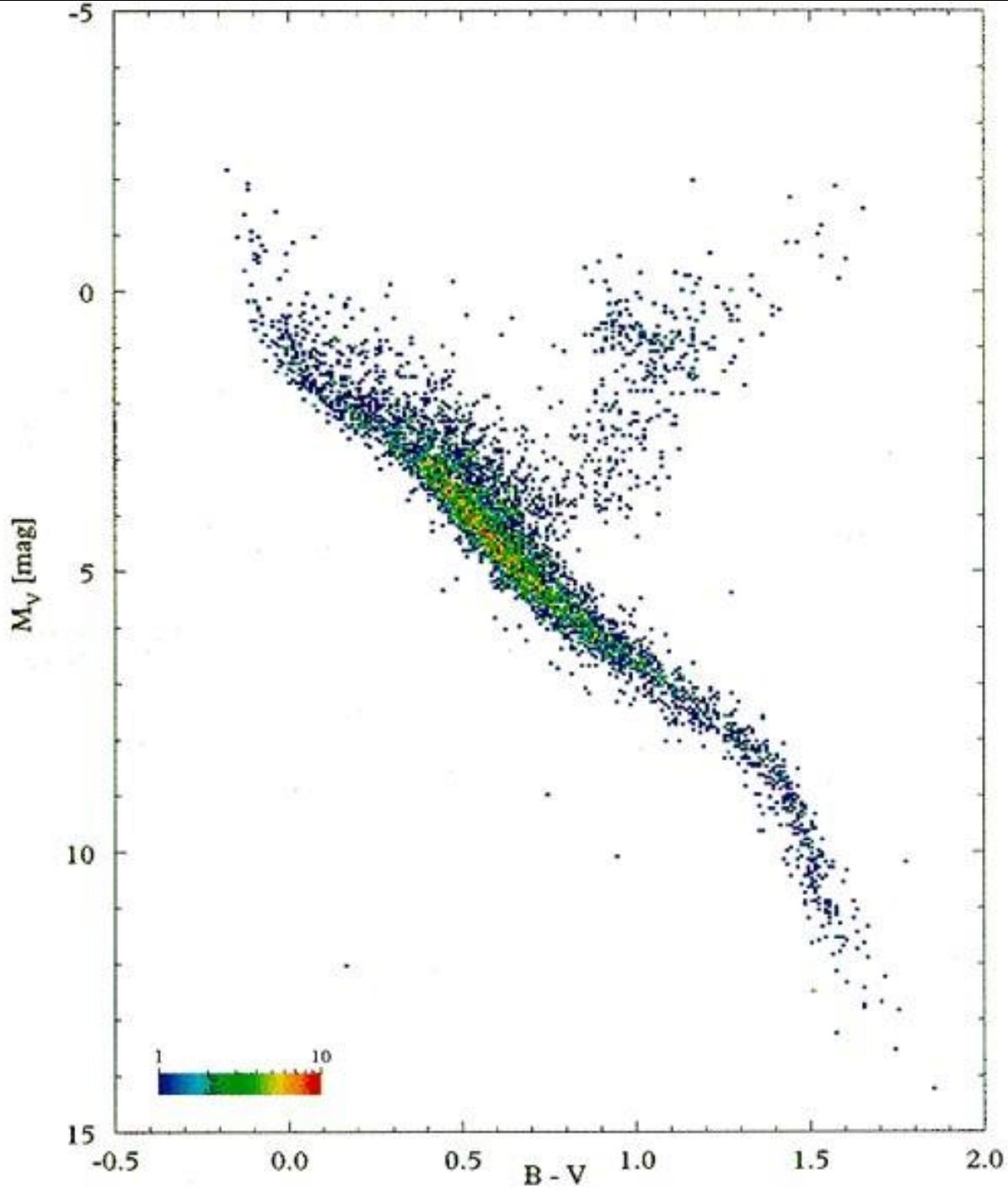
Эйна́р Герцшпру́нг







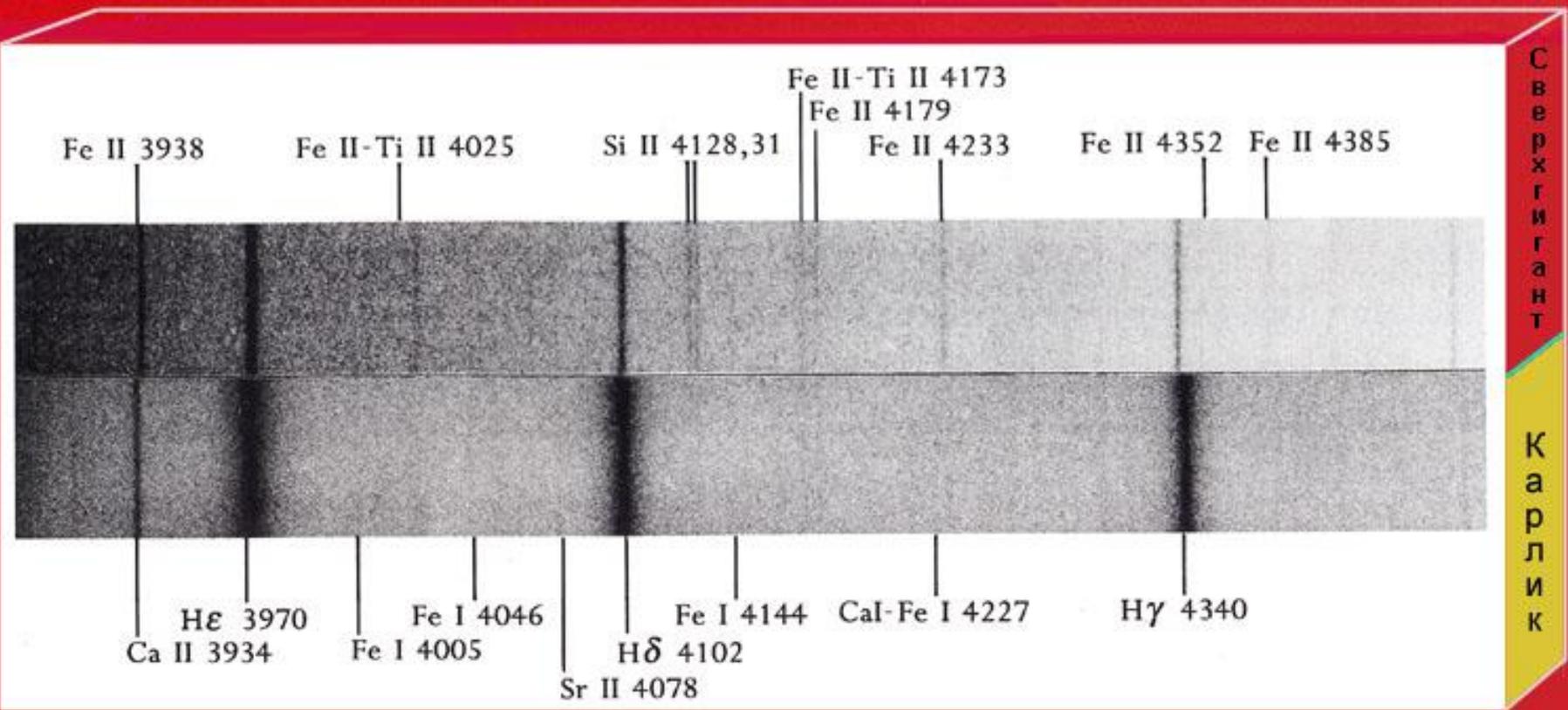
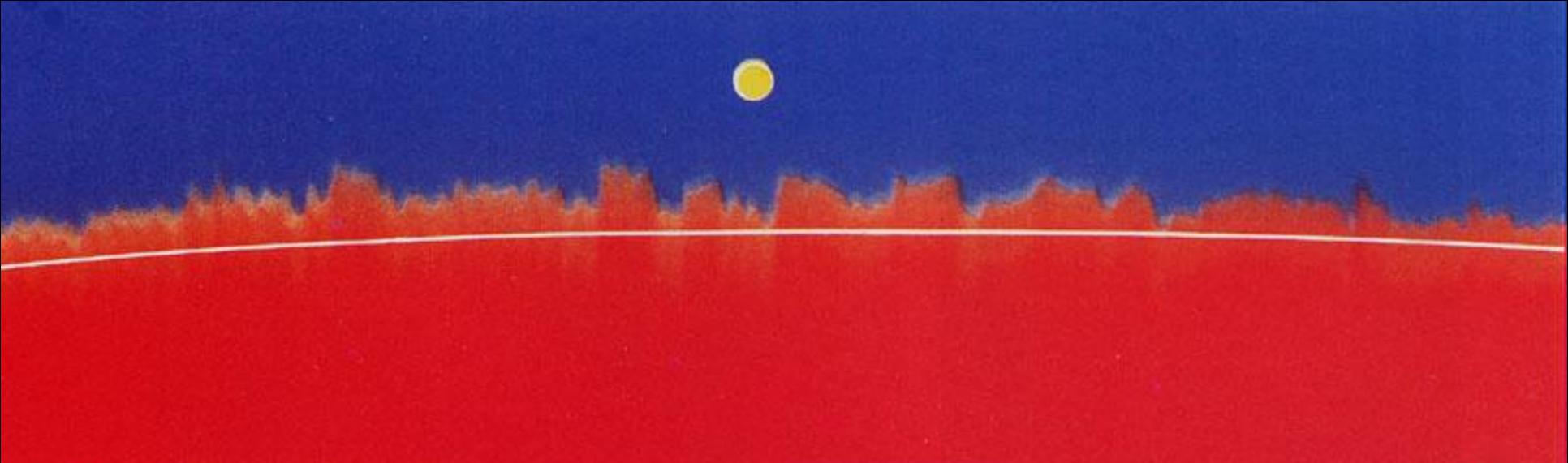
Определение расстояния до звездного скопления методом совмещения главных последовательностей на диаграмме “цвет - величина”



**Диаграмма
Герцшпрунга-Рассела**

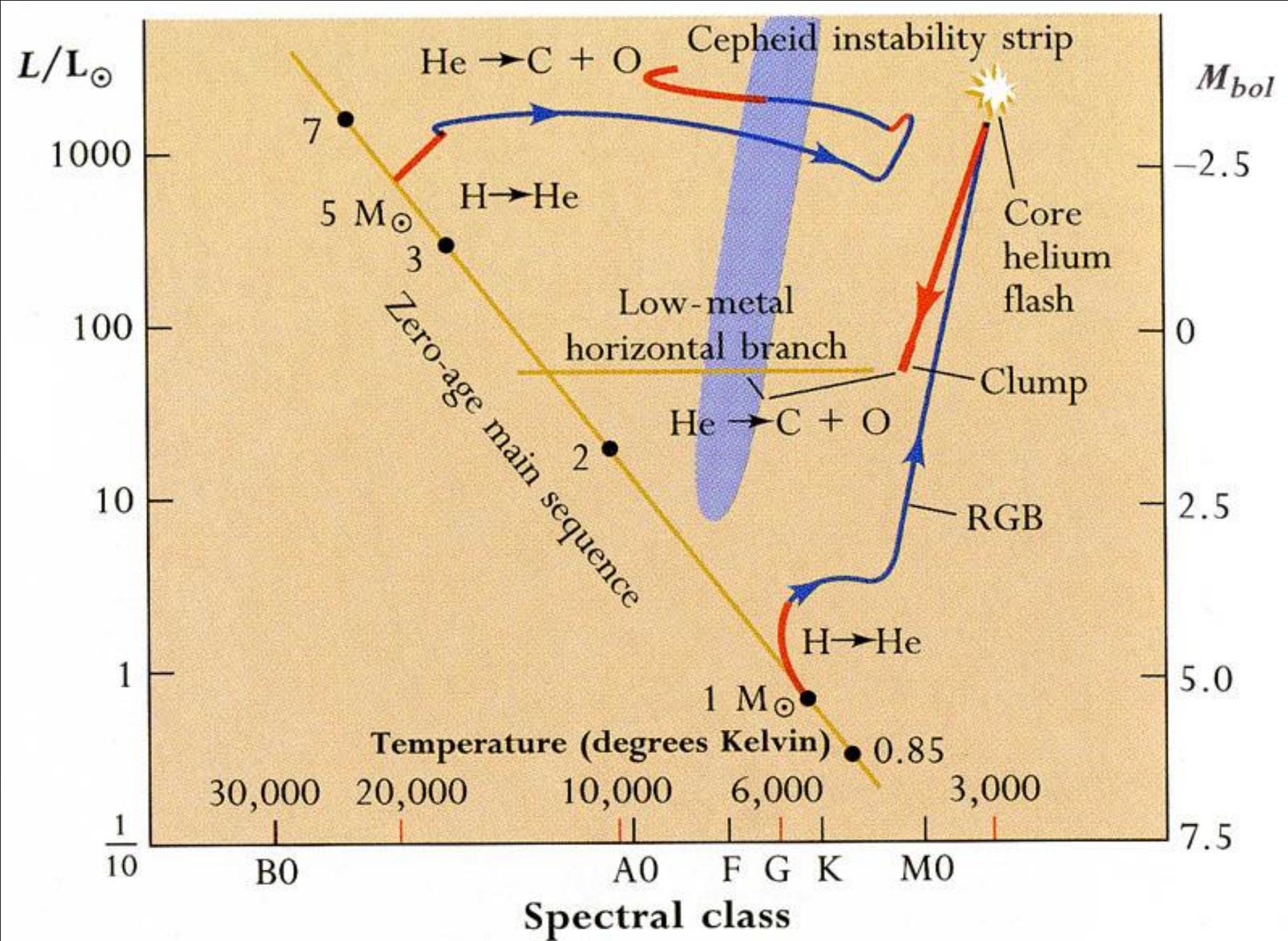
**для звезд
в окрестности Солнца**

**по данным спутника
Hipparcos**



С
в
е
р
х
г
и
г
а
н
т

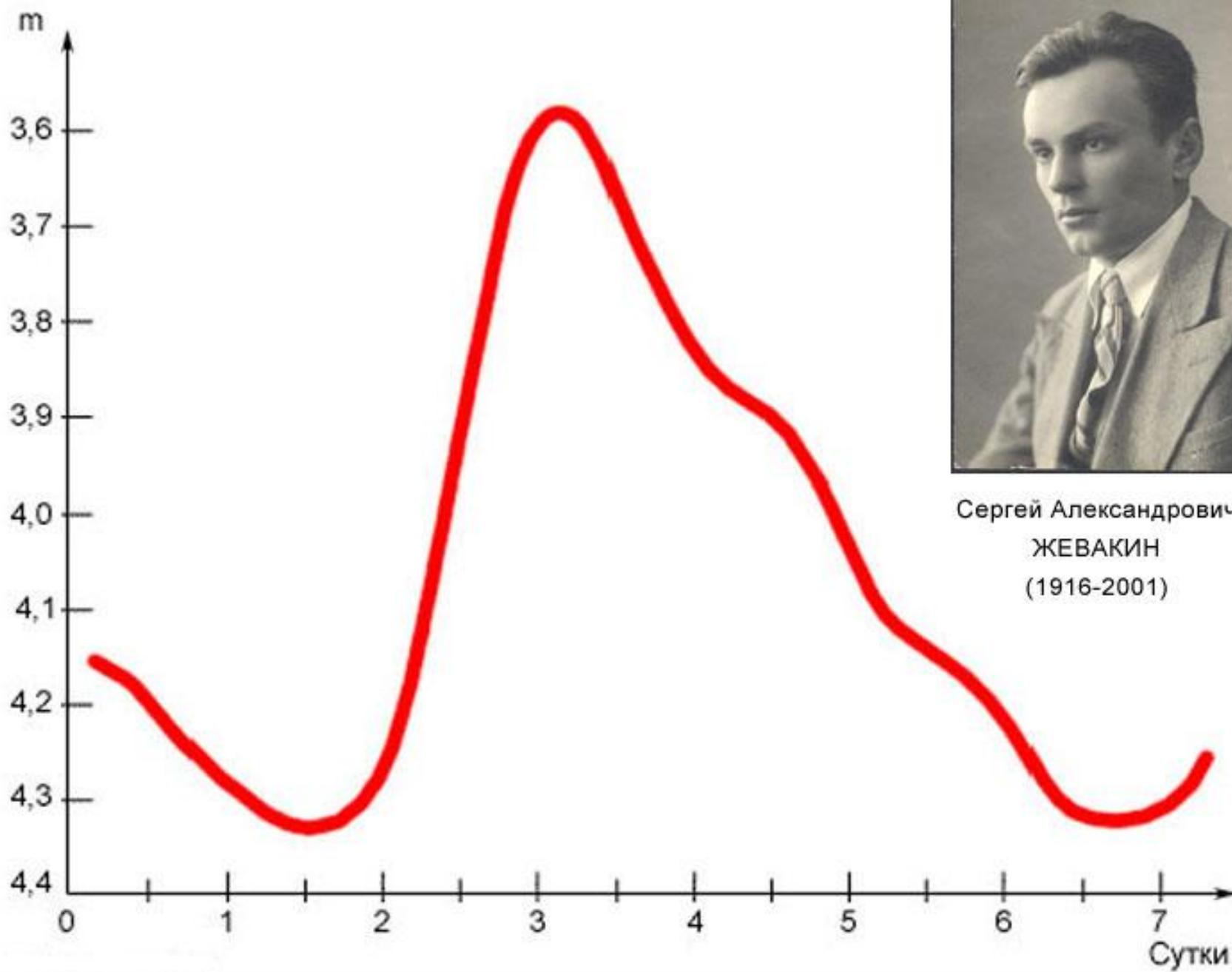
К
а
р
л
и
к





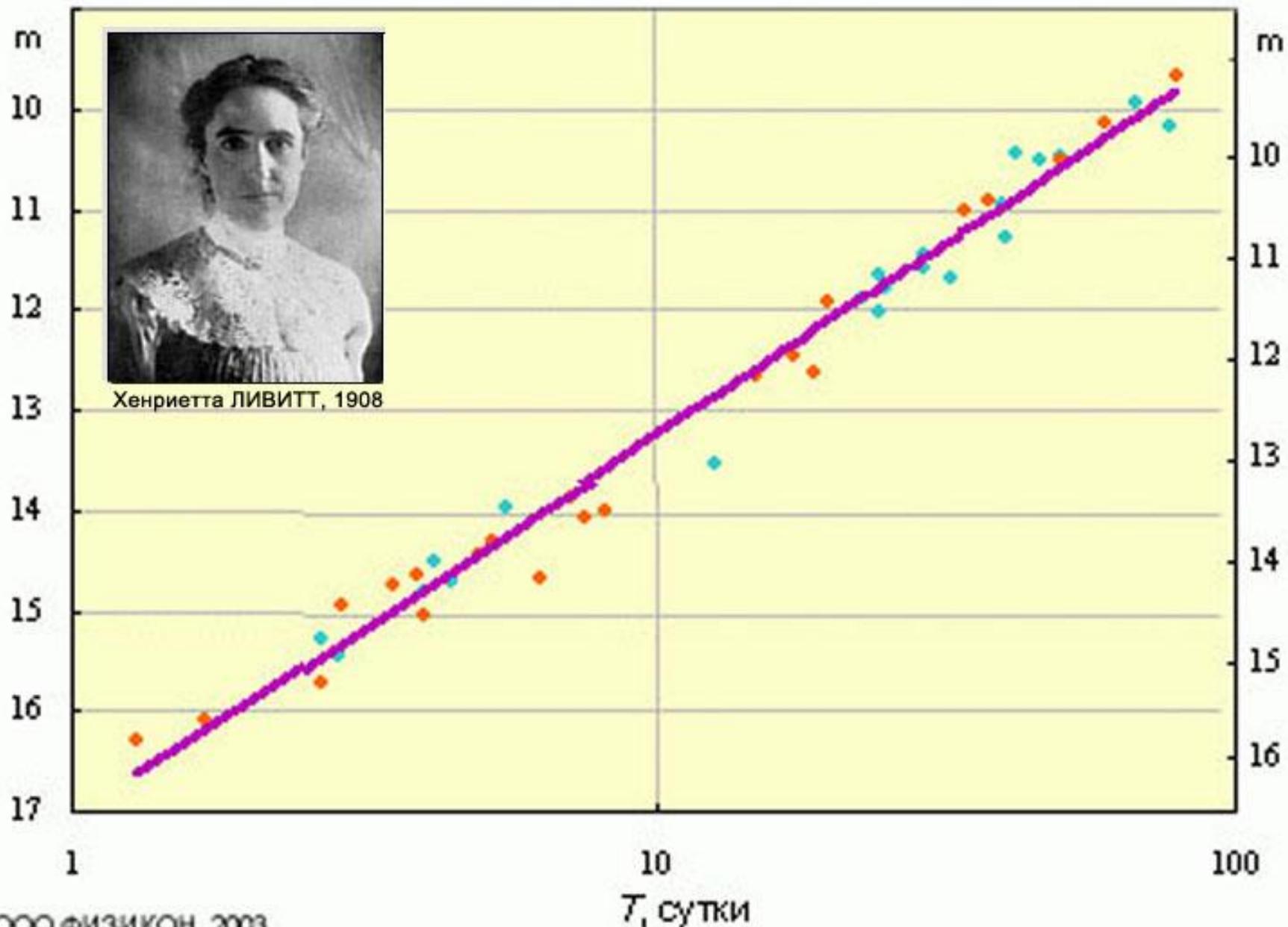


Сергей Александрович
ЖЕВАКИН
(1916-2001)

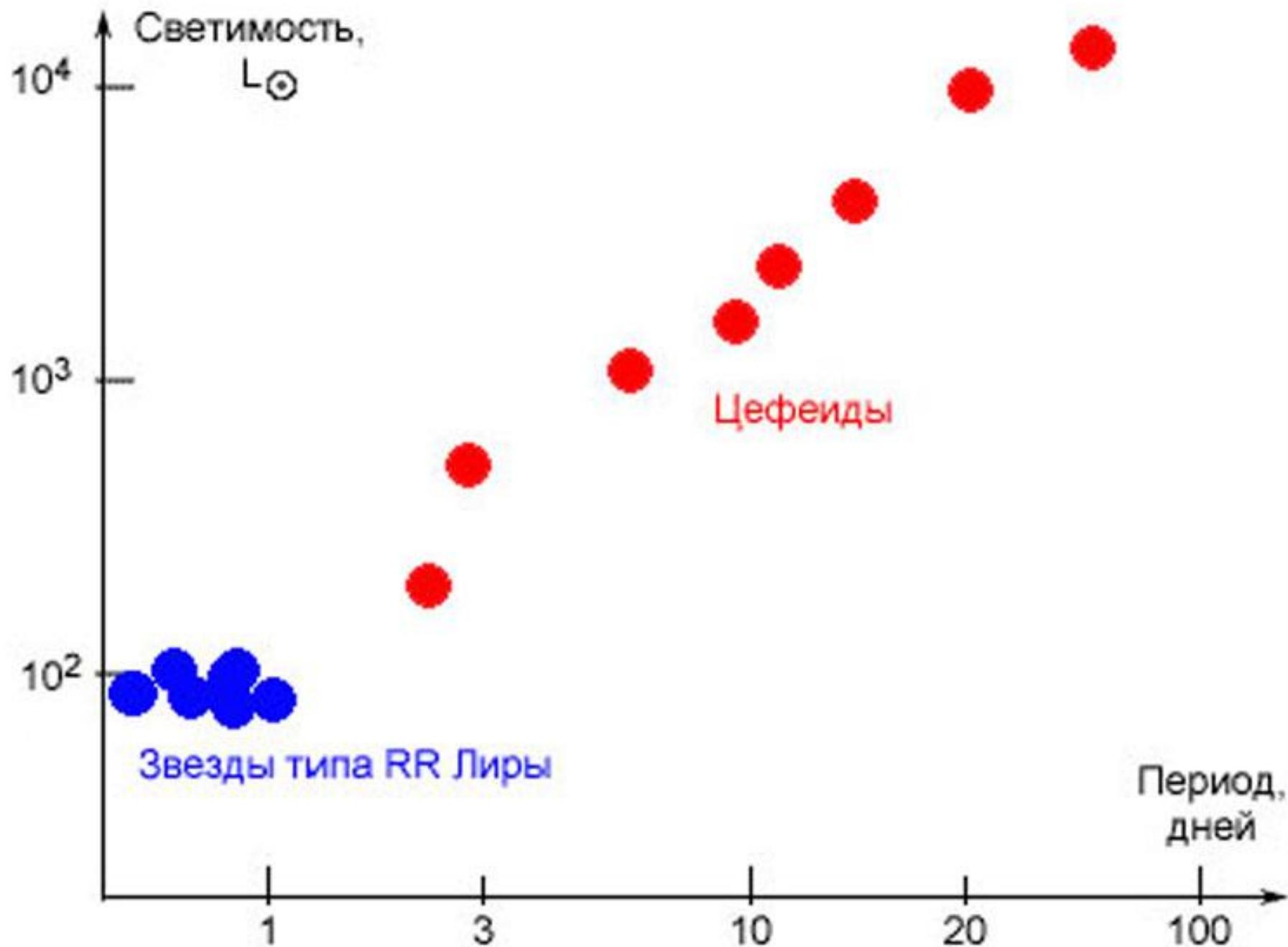


• MMO

• БМО

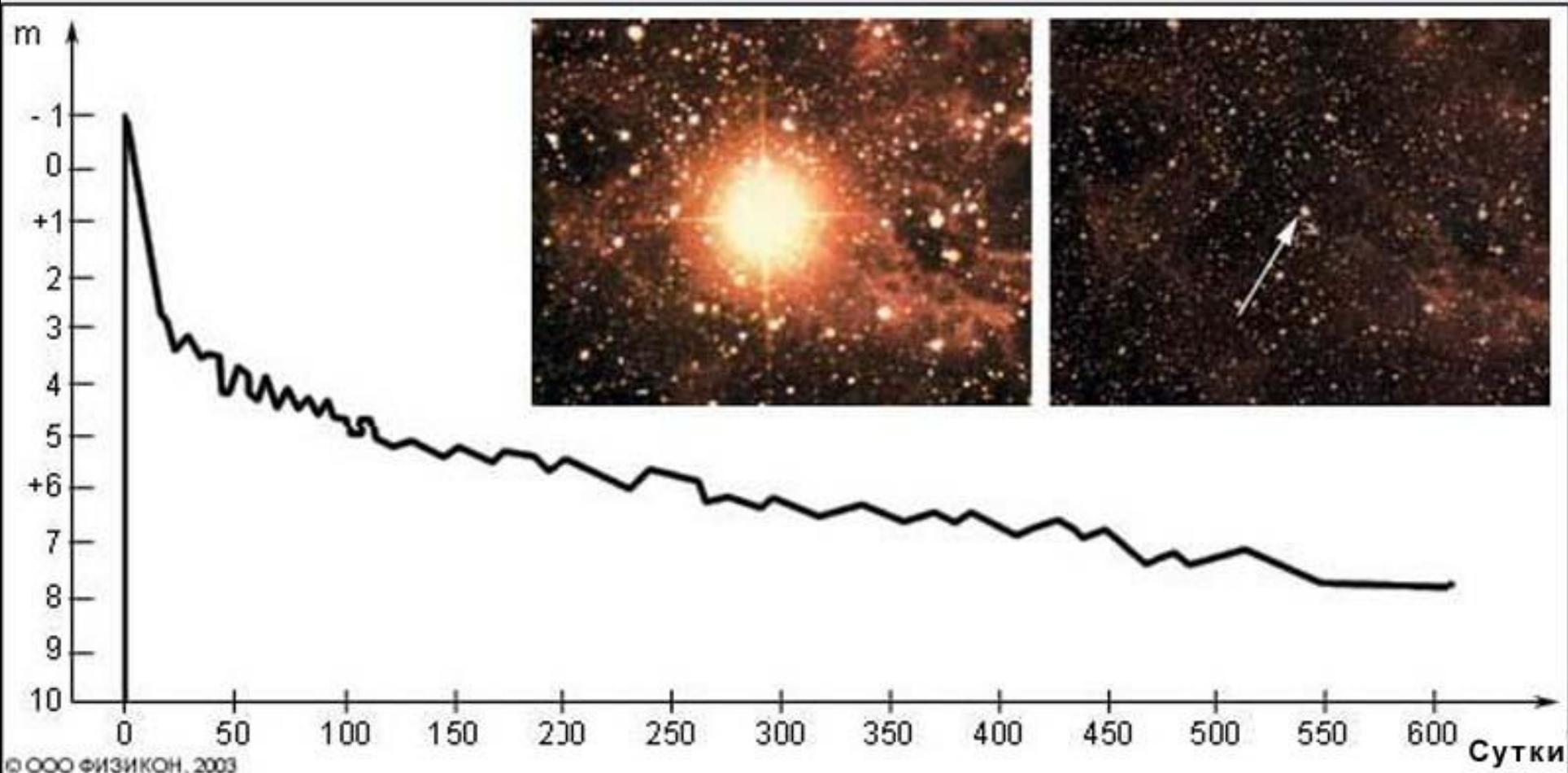


Хенриетта ЛИВИТТ, 1908





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

