

История естествознания

Космология

Мальцев Алексей
Владимирович,

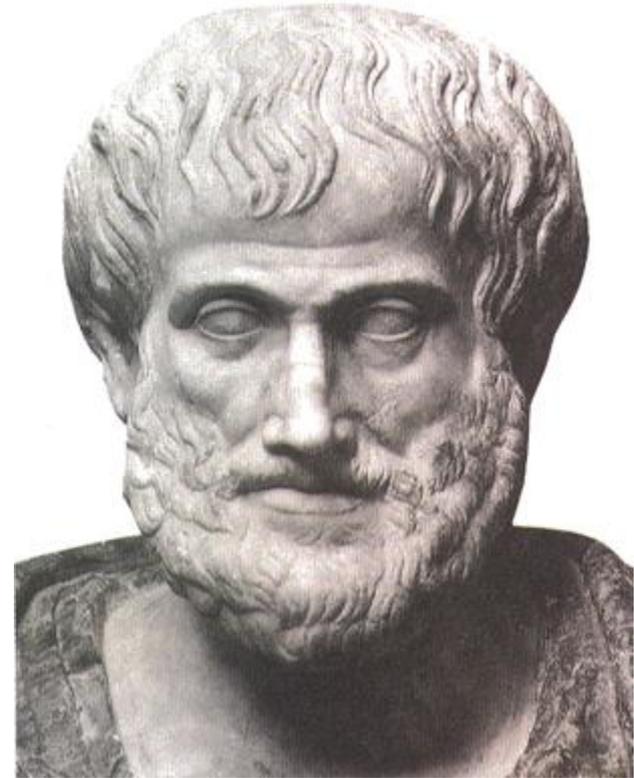
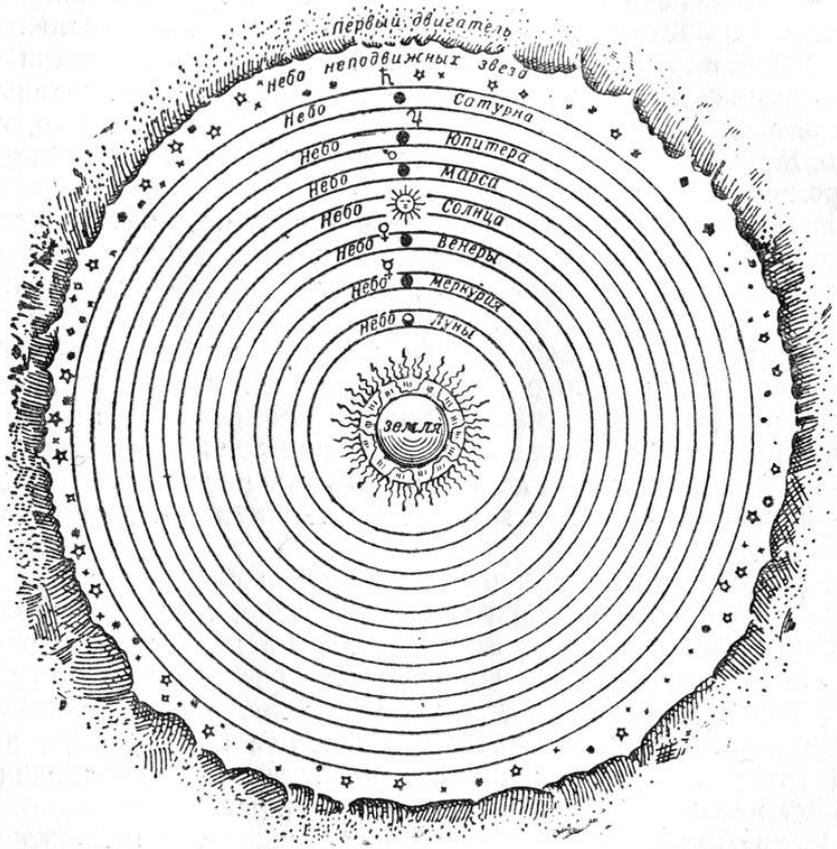
Доцент кафедры общей и социальной
психологии

A.V.Maltsev@urfu.ru

Назначена вторая попытка

- Баротов
- Голяева
- Ившин
- КокOLEва
- Дмитриева
- Амарболд

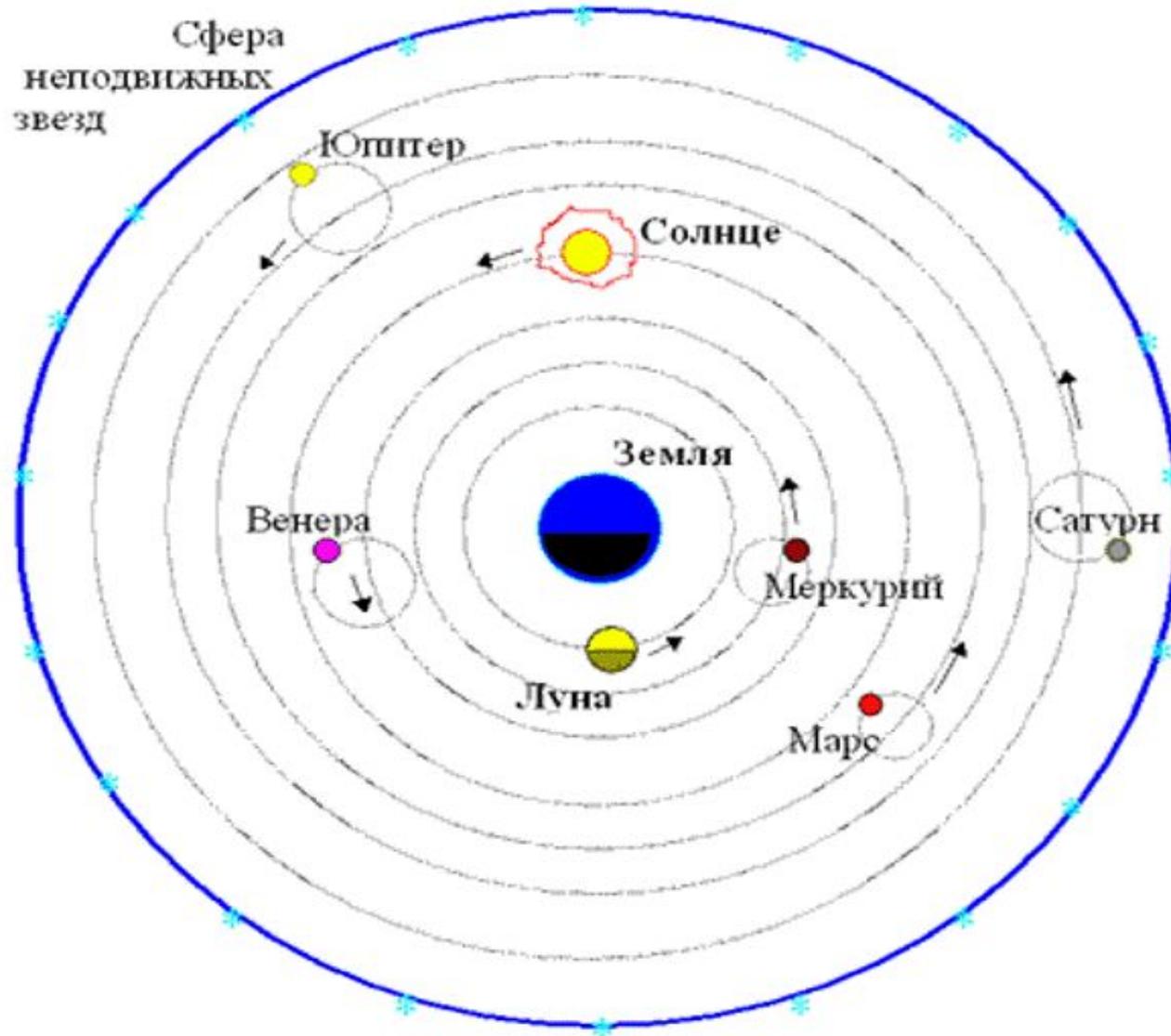
Натурфилософия



Пифагор (570-500 г. до Н.Э)

- Геометрическая модель Мира
- Геоцентричная система Мира
- Земля круглая (свободно находится в Космосе)
- У каждой планеты, Солнца и Луны своя сфера вращения
- Расстояние между сферами соответствует тонам и полутонам в музыке – Музыкальность Вселенной

Геоцентрическая система



Пифагор

- очевидно первым измерил радиус и окружность Земли.
- Окружность 400 000 стадий (стадия=157,5 м) или 63 000 км.
- А радиус Земли был определен в 10 000 км (на самом деле 6370 км.)

Учение Аристотеля о Мирах

- «Подлунный мир», то есть область между орбитой Луны и центром Земли, есть область беспорядочных неравномерных движений, а все тела в этой области состоят из четырёх низших элементов: земли, воды, воздуха и огня.
- «Надлунный мир», то есть область между орбитой Луны и крайней сферой неподвижных звёзд, есть область вечно равномерных движений, а сами звёзды состоят из пятого, совершеннейшего элемента — эфира.

Аристарх (310-250 гг. до н.э.)

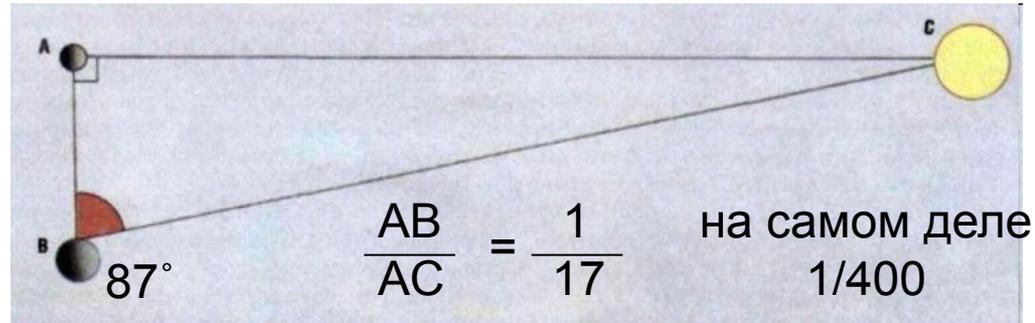
- Первым предложил способ измерения расстояний до небесных тел и измерил расстояние от Земли до Луны и от Земли до Солнца
- Отношение $\frac{\text{Расстояние от Земли до Луны}}{\text{Расстояние от Земли до Солнца}} = 1/17$
- А на самом деле = 1/400

Аристарх

- Солнце больше Земли в 7 раз а Луны в 19 раз
- На самом деле Солнце больше Земли в 110 раз а Луны в 190 раз.
- Именно Солнце является центром Мира. Система Космоса гелиоцентрична! За более 1400 лет до Коперника !!!

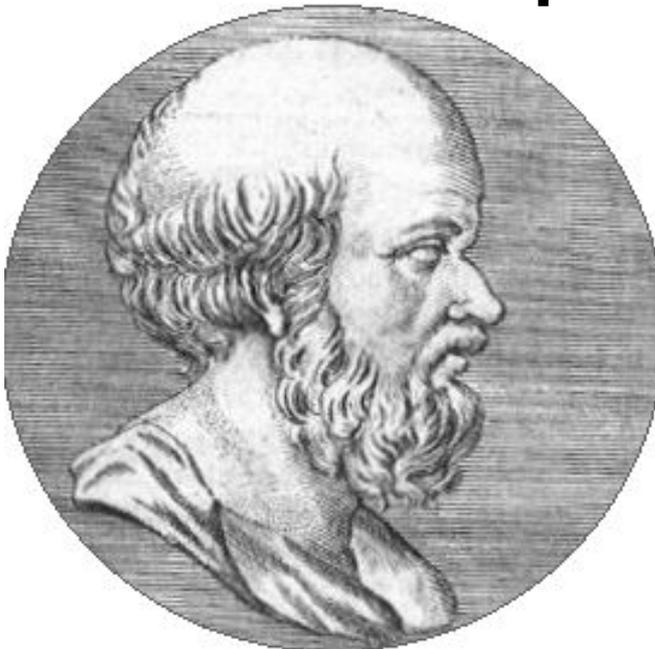


Аристарх Самосский 310-250 г. до Н.Э.



Солнце – в центре мира.

Эратосфен 276-196 г. до Н.Э.



Эрастофен (276-196 гг. до н.э.)

- Более точно и другим способом ,чем Пифагор измерил радиус Земли
- Используя определение расстояний между городами Сиена (ныне Асуан) и Александрия во время положения Солнца в зените.
- Из пропорции определил периметр Земли = 40 000 км, а радиус Земли = 6300 км.

$$\frac{d}{L} = \frac{\alpha^{\circ}}{360^{\circ}}$$

Eratosthenes and the circumference of the Earth.

The Sun is at the zenith of Syene.

SS is the line from Syene to the Sun.

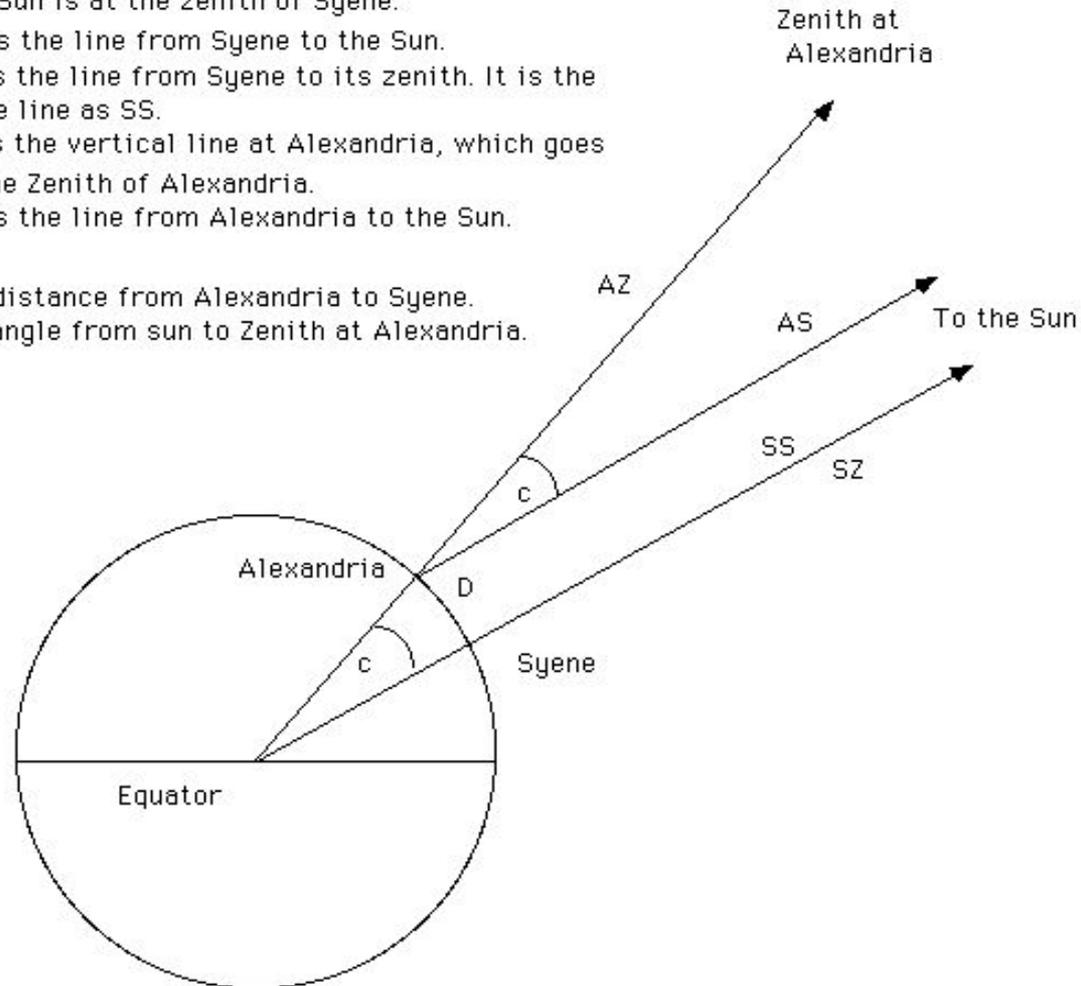
SZ is the line from Syene to its zenith. It is the same line as SS.

AZ is the vertical line at Alexandria, which goes to the Zenith of Alexandria.

AS is the line from Alexandria to the Sun.

D = distance from Alexandria to Syene.

c = angle from sun to Zenith at Alexandria.



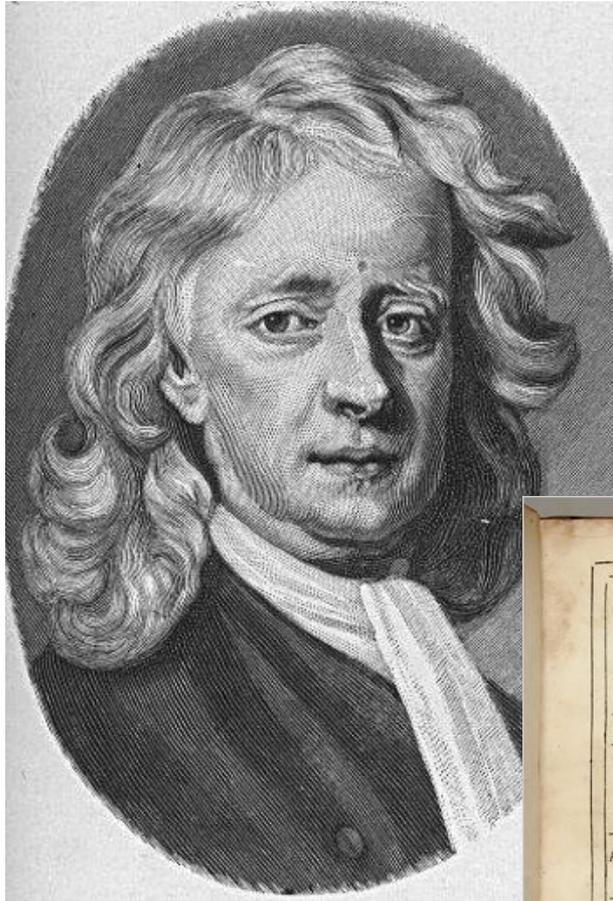
Lines AS and SS are parallel because the sun is very far away.

The two angles labeled "c" are equal because the lines AS and SS are parallel.

$$\frac{D}{\text{circumference of Earth}} = \frac{c}{360 \text{ degrees}}$$

Ошибка измерения составила всего 1%

Механическая картина мира



Исаак Ньютон
1642-1727

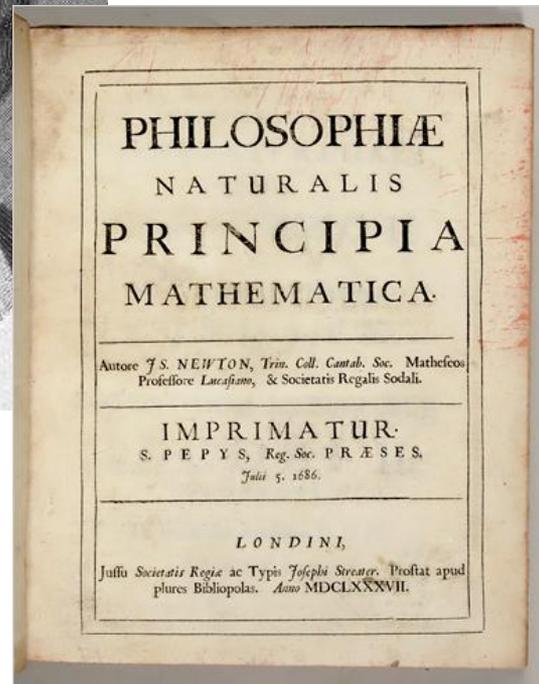


Галилео Галилей 1564-1642

Изобрел телескоп

Доказал гелиоцентрическую модель

Открыл спутники Юпитера



Космология в МКМ

- Космос Система Мира (от центра к периферии):
 - Земля, Луна
 - Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн
 - Хрустальная сфера звезд

Как мы получаем сведения о природе?

Картина Мира Птолемея

Клаудиус Птолемей



Птолемей

- Выбрал геоцентрическую модель
 - Небосвод имеет шарообразную форму и вращается вместе со звездами как шар
 - Земля – шар, расположенный в центре Мира
 - Земля точка очень мала по сравнению с расстоянием до сферы звезд
 - Земля неподвижна
- Описал и рассчитал неравномерное петлеобразное движение планет на фоне звезд

Гиппарх 185-125 г. до Н.Э.

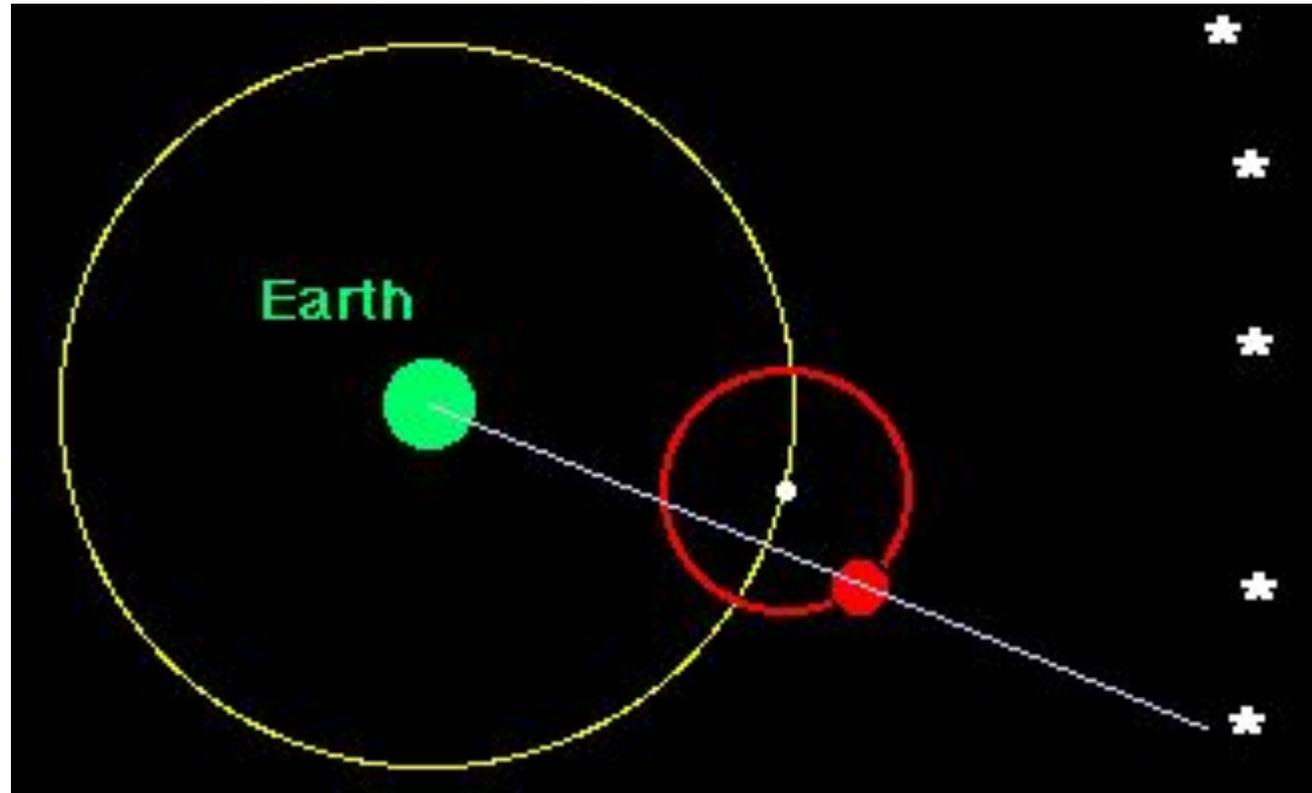
Уточнил радиус и определил расстояние до Луны. Построил теорию движения Луны.

Составил таблицы солнечных и лунных затмений.

Уточнил периоды обращения планет.



Птолемей
87-165 г. Н.Э.

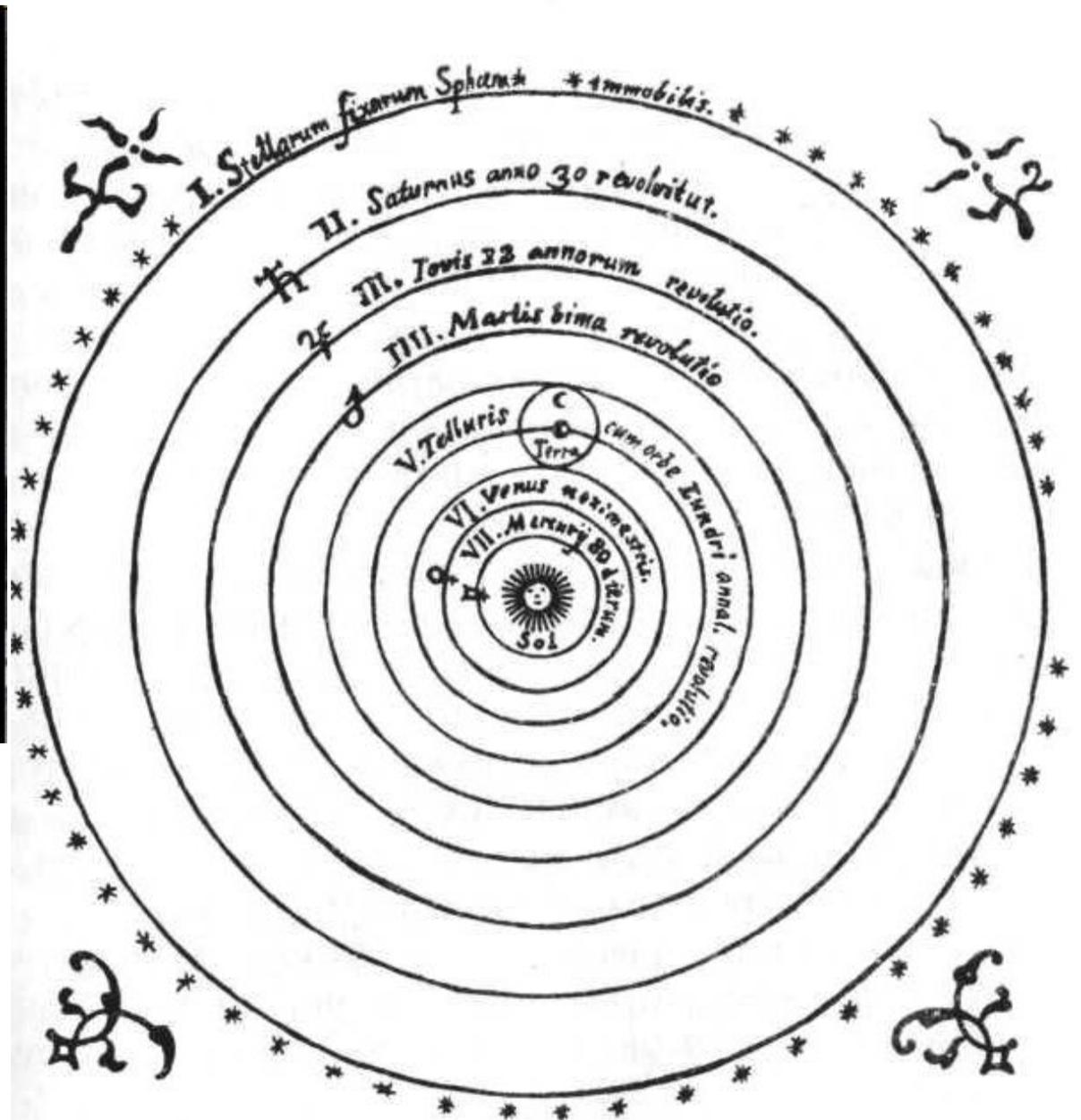




Н. Коперник

Гелиоцентрическая модель мира.

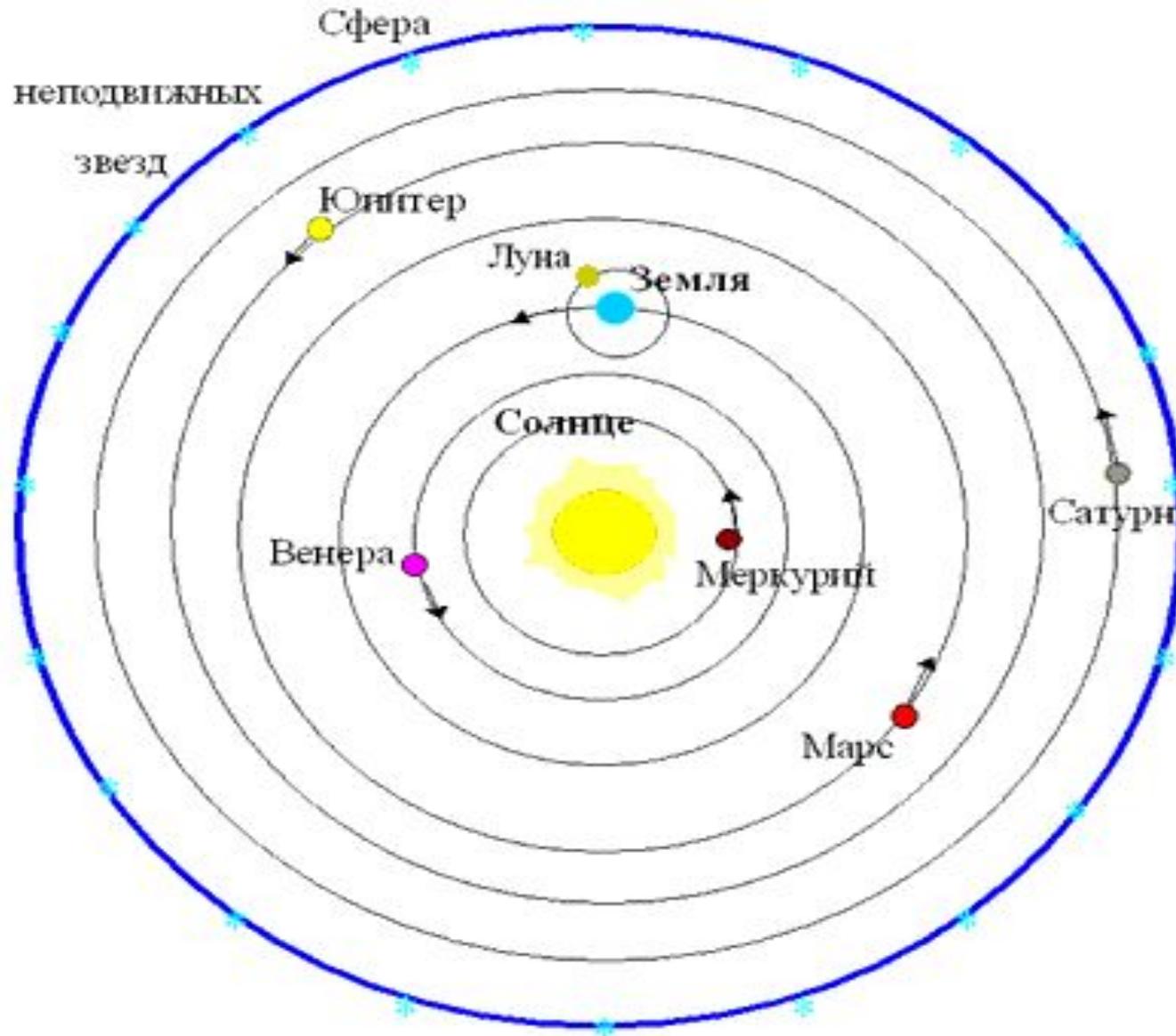
Определил расстояния до планет в астрономических единицах



Коперник (1473-1543 гг.)

- Разработал гелиоцентрическую систему (в центре Солнце)
- De Revolutionibus Orbium Coelestium «О вращении небесных сфер» 1540 г.
- Установил верные отношения расстояний планет до Солнца
- За единицу принял расстояние от Солнца до Земли – астрономическая единица (а.е.)

Гелиоцентрическая модель



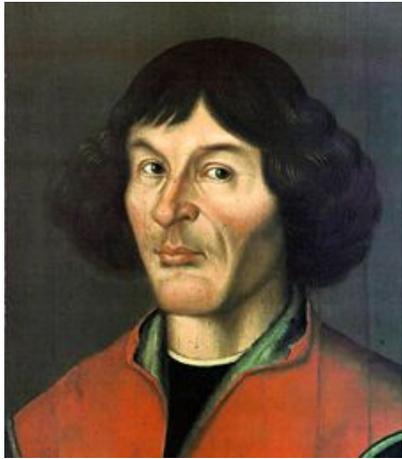
Расстояние от Солнца до Венеры

- Наибольшее угловое расстояние = 46°
- По теореме Пифагора

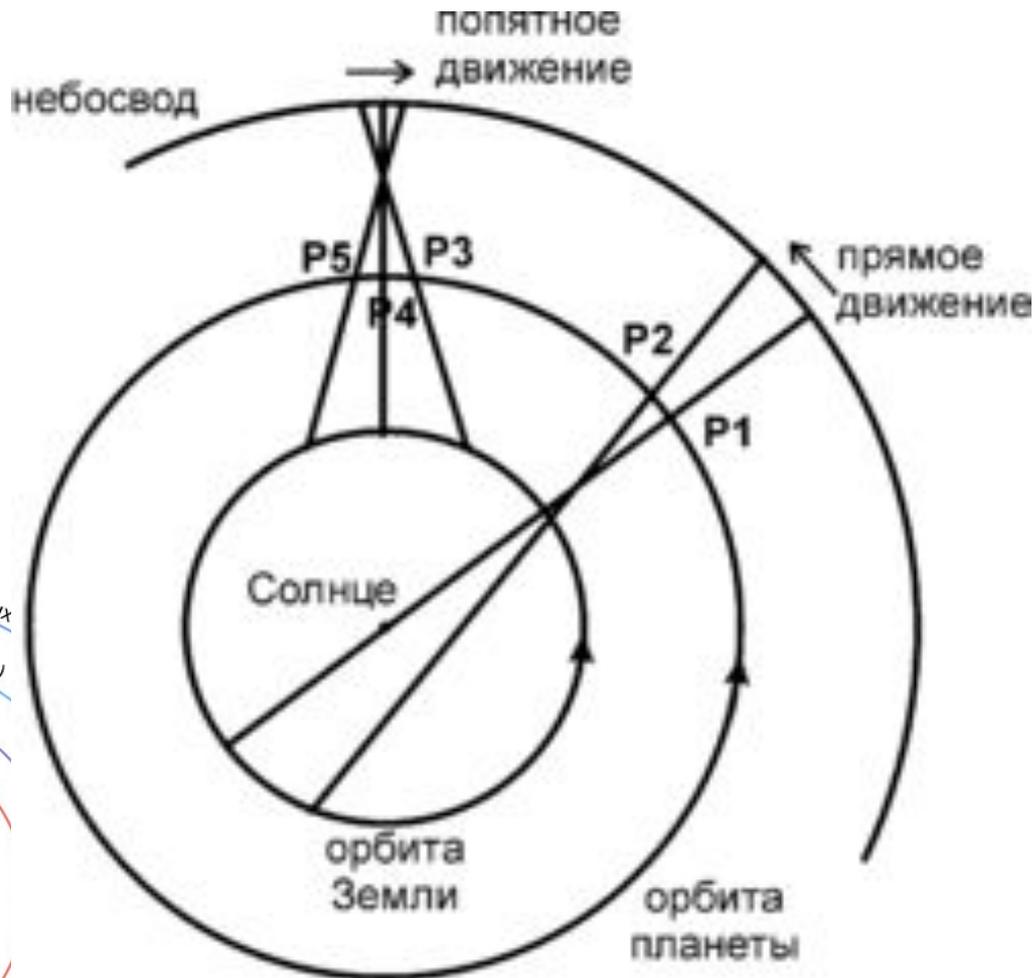
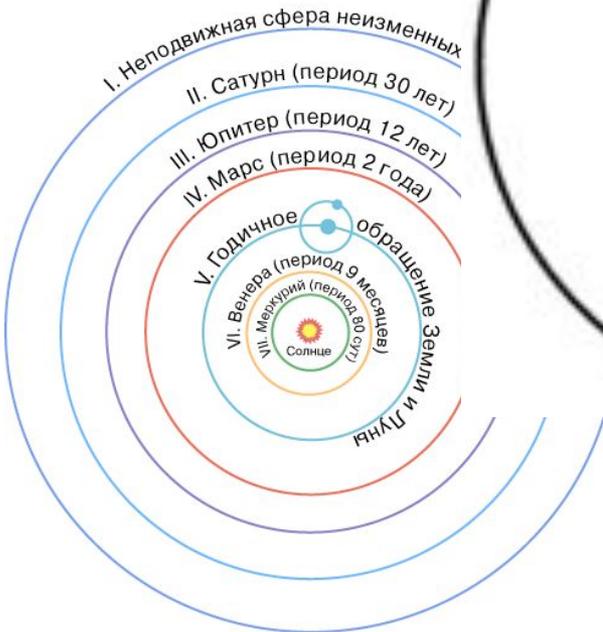
$$SV = ST * \sin 46^{\circ} = ST * 0,72$$

- SV – расстояние от Солнца до Венеры
- ST – расстояние от Солнца до Земли (а. е.)

Внутренние и внешние планеты и объяснение их движения



Николаус Коперник





Определение закона планетных расстояний

$$r = 0,4 + 0,3 * 2^n$$

Планета	Вычисленное r	n	Измеренное r
Меркурий	0,40	-	0,387
Венера	0,70	0	0,723
Земля	1,00	1	1,000
Марс	1,60	2	1,524
Пояс астероидов	2,80	3	
Юпитер	5,20	4	5,203
Сатурн	10,00	5	9,539

И. Тициус
1729-1796

Иоганн Кеплер

Первый закон.

- Все планеты движутся по эллипсам в одном из фокусов которых находится Солнце.
 - **Перигелий** - ближняя к Солнцу точка орбиты планет
 - **Афелий** - дальняя к Солнцу точка орбиты планет

Второй закон

- Радиус вектор планеты в равные промежутки времени описывает равновеликие площади.
- В перигелии скорость движения планеты выше, чем в афелии

Третий закон.

- Квадраты времени обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$$

Не сдали контрольную № 1

- Веденина
- Лукин
- Мурашкина
- Саенко
- Адъяа
- Кацило

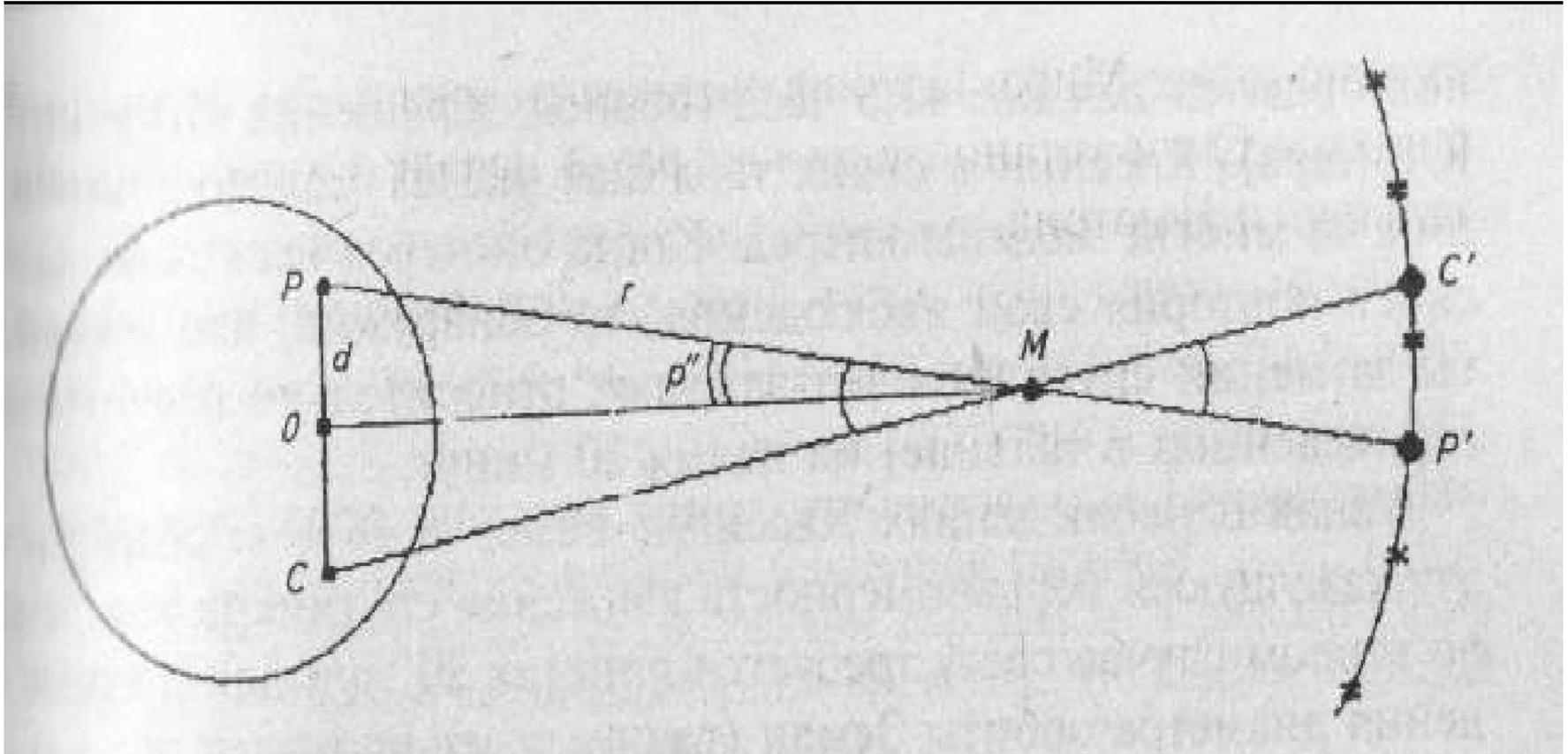
Суточный параллакс

- В 1671 -1673 гг. Д.Д. Кассини и Ж Рише одновременно наблюдали Марс
- Кассини в Париже, Рише в Кайенну (столице Французской Гвианы Ю. Америка)
- Его положение на фоне далеких звезд оказывается смещенным на угол $p = 24$ секунды

$$r = d / \sin p$$

- Расстояние от Земли до Марса = 0,52 а.е.= 74 млн. км
- Расстояние от Земли до Солнца = 1 а.е.=140 млн. км

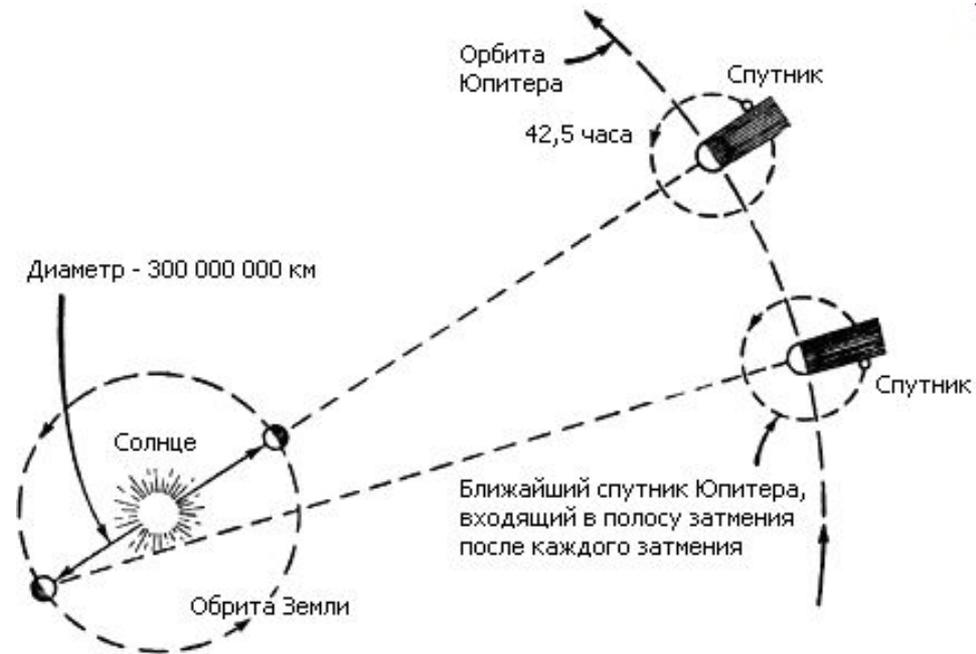
Суточный параллакс

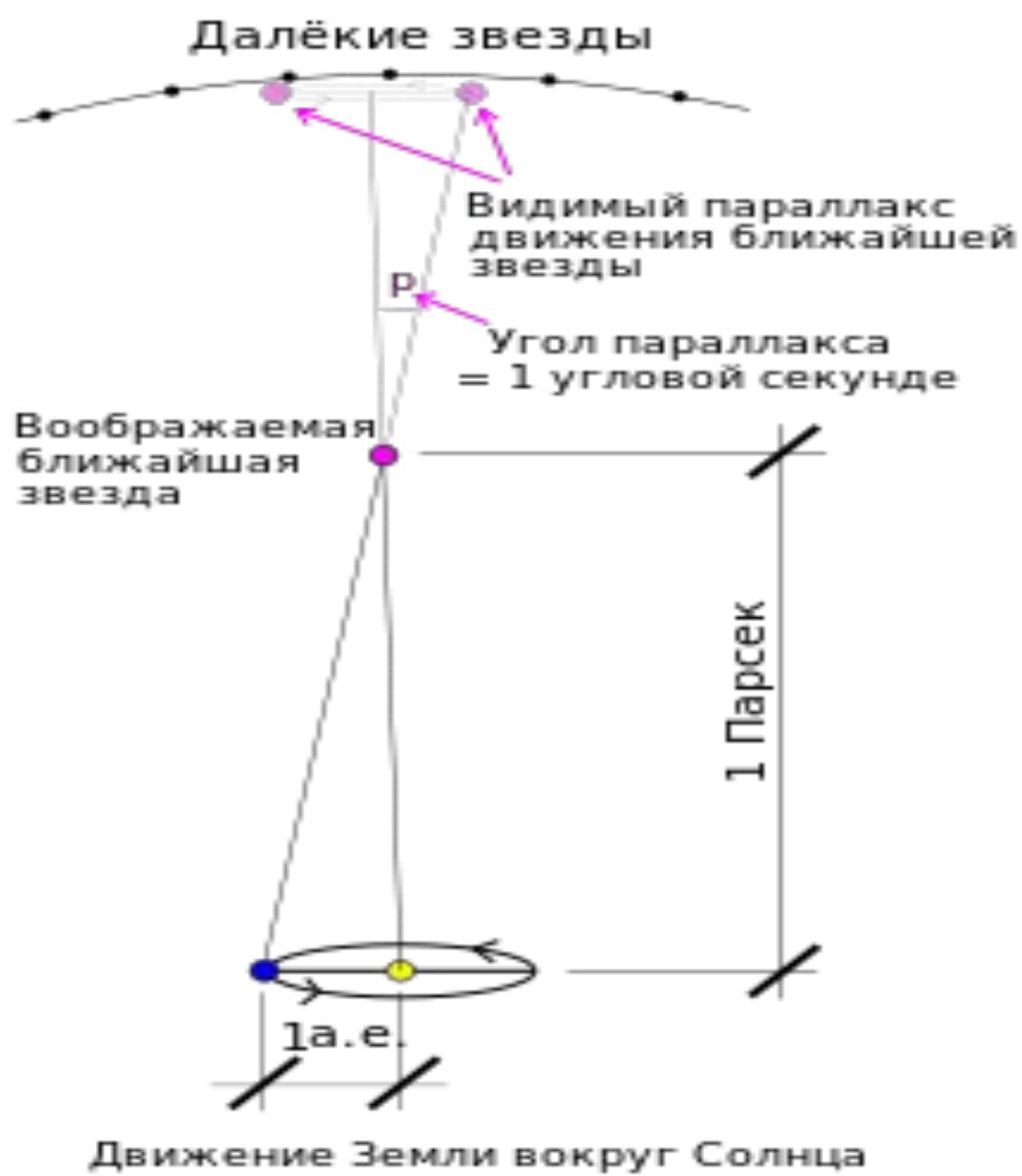




О. Рёмер
1644-1710

Определение скорости света





Годичный параллакс

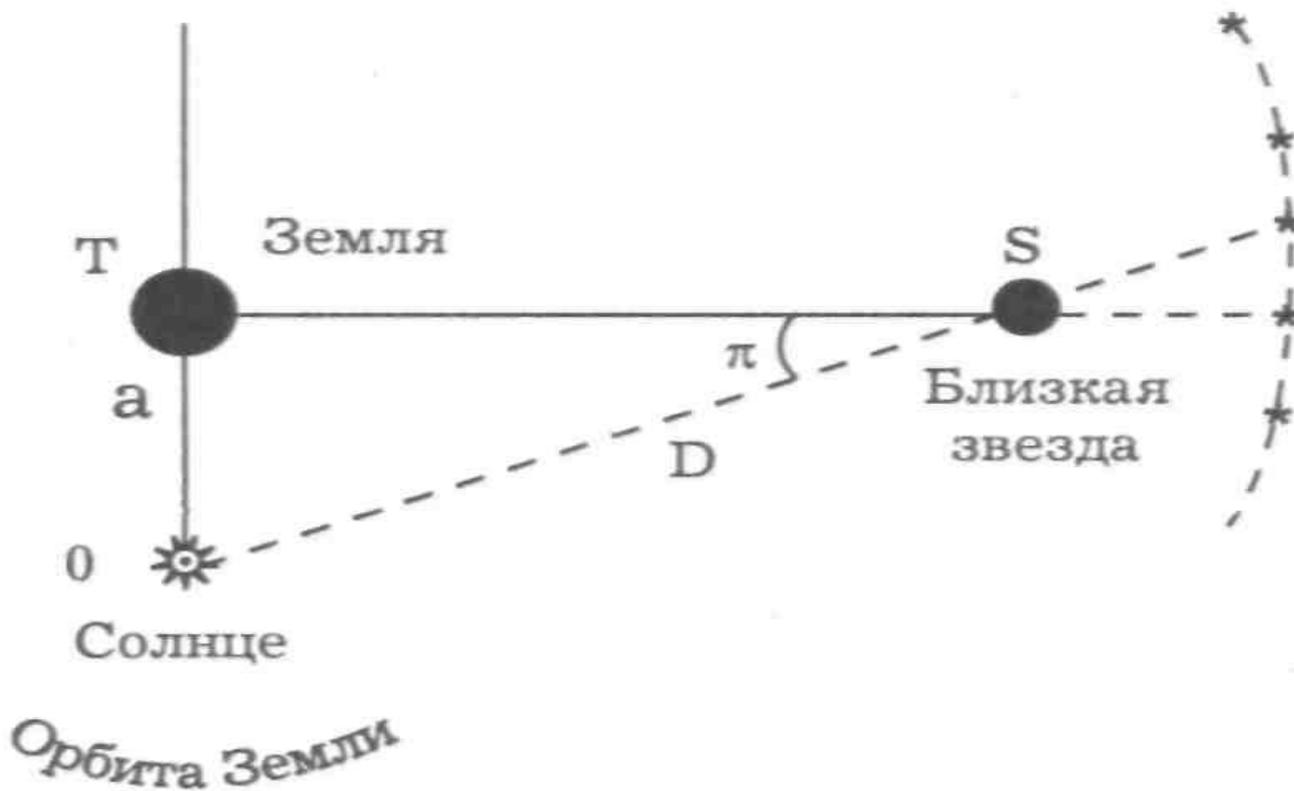


Рис. 10.1. Годичный параллакс звезды

Поиск годичного параллакса

Василий Яковлевич (Вильгельм) Струве (1793-1864)

13 января 1837 г. – заседание конференции Академии наук – письмо Струве.

1837 г. - α Лирь (Вега)

$$\pi'' = 0.125 \pm 0.055 \quad (\pi'' = 0.121 \pm 0.004)$$

(“Mensurae Micrometricae”, 1837, угловые расстояния, поз. углы)

1839 г. – опубликовал ошибочное значение

$$\pi'' = 0.2613 \pm 0.0254 \quad (\pi'' = 0.121 \pm 0.004)$$

(“Additamentum in Mensuras Micrometricas”, 1839; “Astronomische Nachrichten”, 1840, только расстояния)

Поиск годичного параллакса

Фридрих Бессель (1784-1846)

1834 г. – наблюдения 61 Cyg (большое собственное движение). Положение – относительно двух соседних звезд (расстояния и позиционные углы)

18 авг. 1837 – 2 окт. 1838 гг. –

$$\pi'' = 0.3136 \pm 0.0202 (\pi'' = 0.293 \pm 0.03)$$

Расстояние – 10.3 св.года

RAS, Vol. IV, N 17, November 9, 1838 (a letter, Oct. 23, 1838)
Astronomische Nachrichten, Vol. 16, 1839

Поиск годичного параллакса

9 января 1839 г. – Томас **Гендерсон** (1798-1844) и **Томас Маклир** (1794-1879) – Капская обсерватория (наблюдения за 1832-1833 гг.) – параллакс α Центавра –

$$\pi'' = 1.16 \pm 0.11 \quad (\pi'' = 0.756 \pm 0.007)$$

RAS, Vol. IV, N 19, January 11, 1839 (a letter, Oct. 23, 1938)

Годичный параллакс

- Ближайшая к Земле звезда была открыта в 1916 году американским астрономом Иннесом ее назвали *Проксима* (Ближайшая) Центавра
- Расстояние до нее 4.2 световых года
1.31 парсек (пк)

Ограничение метода параллакса

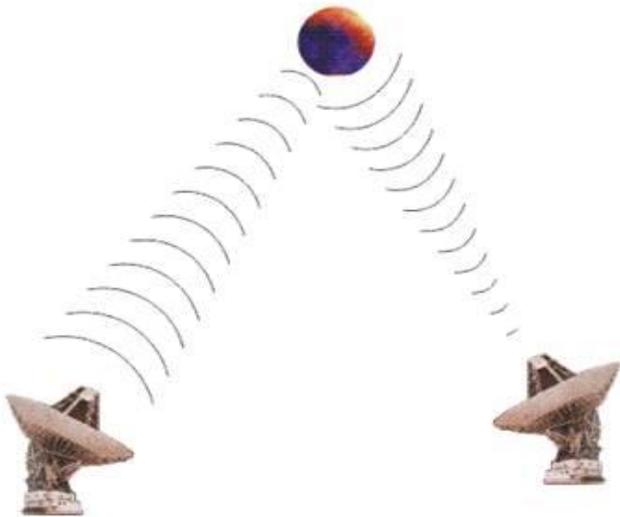
- Нижний предел измерений параллаксов $\sim 0,01''$, поэтому с их помощью можно измерять расстояния, не превышающие 100 пк (с относит. погрешностью 50%).
- При расстояниях до 20 пк относит. погрешность не превышает 10%. Расстояния до более далеких звезд в астрономии определяют в основном фотометрическим методом

Космические единицы

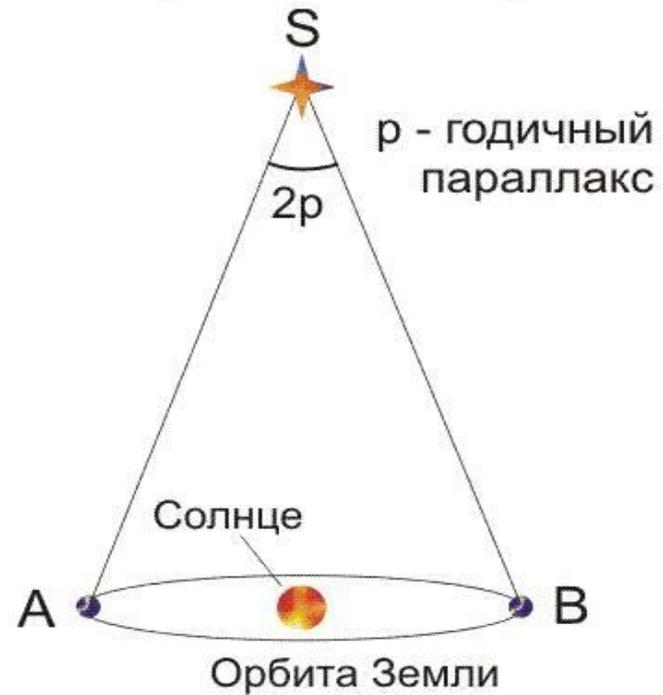
- **Астрономическая единица (а.е.)** – среднее расстояние от Земли до Солнца, равное $1,5 \times 10^{11}$ м.
- **Световой год** – расстояние, которое проходит свет в течение одного года, а именно $9,46 \times 10^{15}$ м.
- **Парсек (параллакс-секунда)** – расстояние, на котором годичный параллакс земной орбиты (т.е. угол, под которым видна большая полуось земной орбиты, расположенная перпендикулярно лучу зрения) равен одной секунде.
- *Это расстояние равно $206265 \text{ а.е.} = 3,08 \times 10^{16} \text{ м} = 3,26 \text{ св. г.}$*

Как измеряют расстояния до звезд

Радиолокация —
до Солнца, близких планет



Параллакс —
до близких звезд
(максимум — 1000 парсеков)



Методы измерения космических расстояний

(в порядке увеличения удаленности объектов)

- Параллакса
- Фотометрический
- Цеферид
- Стандартной свечи
- Вспышек сверхновых
- «Красного смещения»

Фотометрический метод

- Основан на светимости звезд – способности звезд излучать энергию. Светимость не зависит от расстояний до звезды.
- Блеск (освещенность) звезды то, что мы видим на Земле. Обратно пропорционален квадрату расстояния до нее.
- Освещенность определяется в звездных величинах:

m - видимая звездная величина

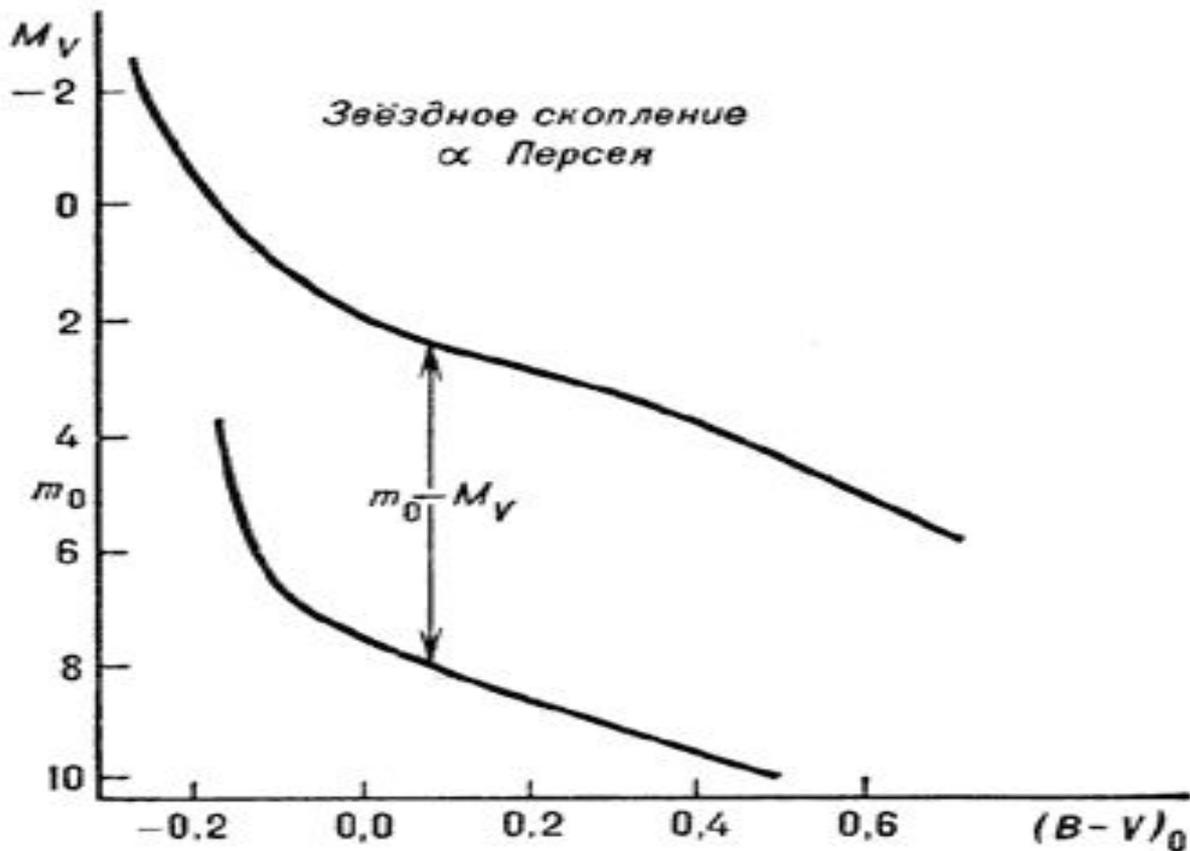
M - абсолютная звездная величина определяется на расстоянии 10 пк

$$\lg r_{\phi} = 0,2(m - M) + 1$$

Где

- r_{ϕ} (пк) – расстояние до звезды в парсеках
- m - видимая звездная величина
- M - абсолютная звездная величина

Зависимость "абсолютная звездная величина M_V -показатель цвета $(B-V)_0$ " для исходной главной последовательности (верхняя кривая) и зависимость "видимая звездная величина m_0 - показатель цвета" скопления Персея (нижняя кривая); m_0 - видимая звездная величина, свободная от межзвездного поглощения света.
Сдвиг по оси звездных величин равен модулю расстояний $m_0 - M_V$.



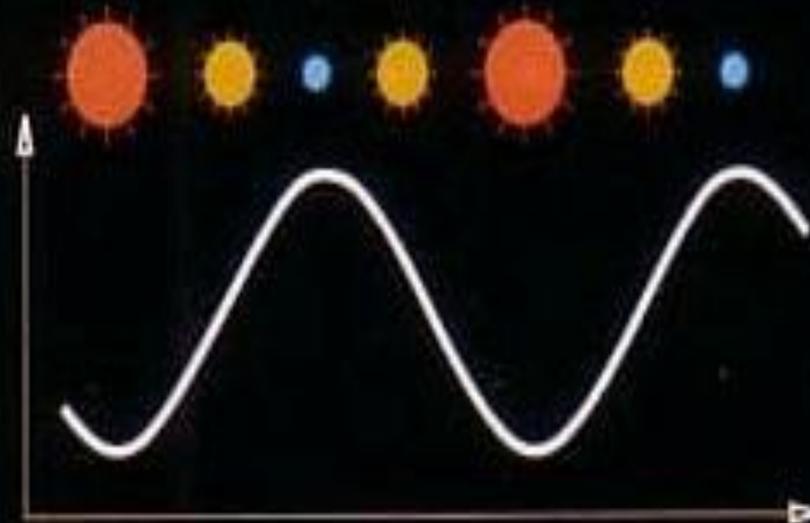
Метод цеферид

- Пульсирующие гигантские звезды, меняющие светимость и температуру с периодом от 1 до 50 и более суток
- По периоду пульсации находят светимость, а по светимости расстояние
- Светимость тем больше, чем больше период изменения их блеска.
- Максимальное измерение до 3 Мпк

Цеферида

Цефеиды

200 кпк — 20 Мпк



Метод стандартной свечи

- Сравнивая наблюдаемую яркость эталонных объектов (или стандартных свечей) в разных галактиках, можно определить расстояния до этих галактик, если известно расстояние до одной из галактик.
- Поток излучения от объекта падает обратно пропорционально квадрату расстояния до него. Если светимость известна, то, измерив яркость, можно рассчитать расстояние.

Главная последовательность звезд

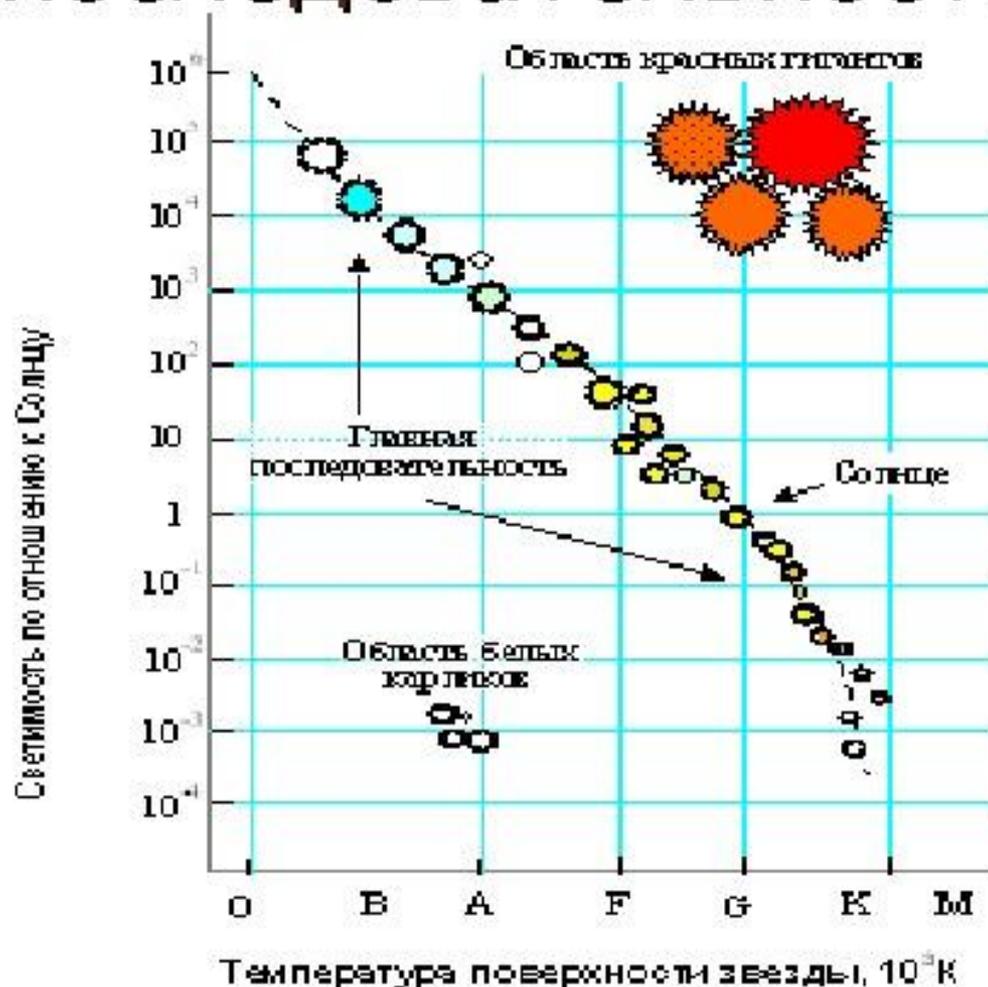


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга-Ресселя
(схематично)

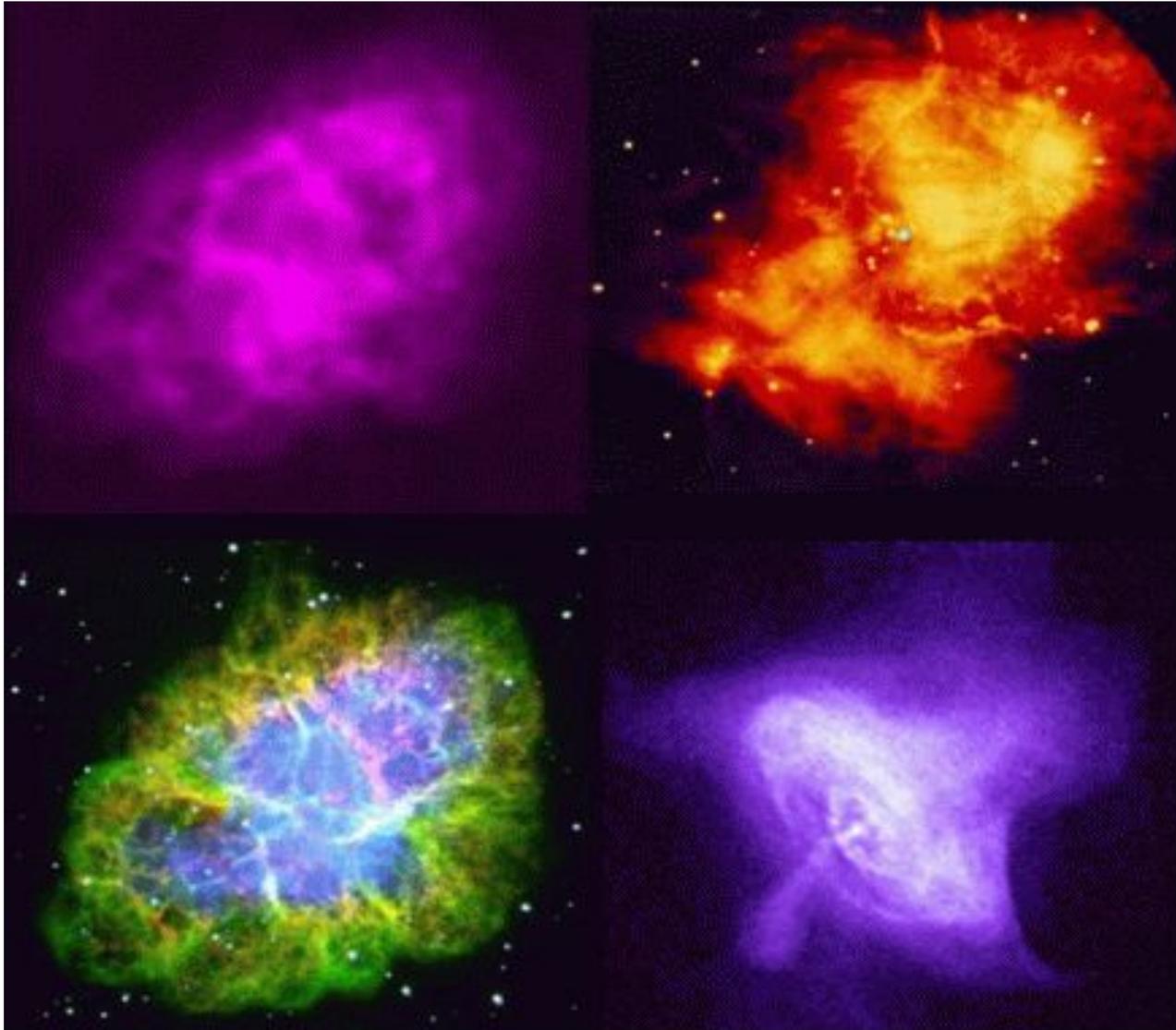
Метод вспышек сверхновых

- Измерив угловые размеры (d) ярчайшей туманности в какой либо галактике, можно определить расстояние (r) до этой галактики.
- Данный способ применим к спиральным и неправильным галактикам до расстояний 15 Мпк. Погрешность этого метода - не менее 10%.

Крабовидная туманность



Излучение от Крабовидной туманности регистрируется во всех областях спектра (радио диапазон, инфракрасная, видимая и рентгеновская области спектра).



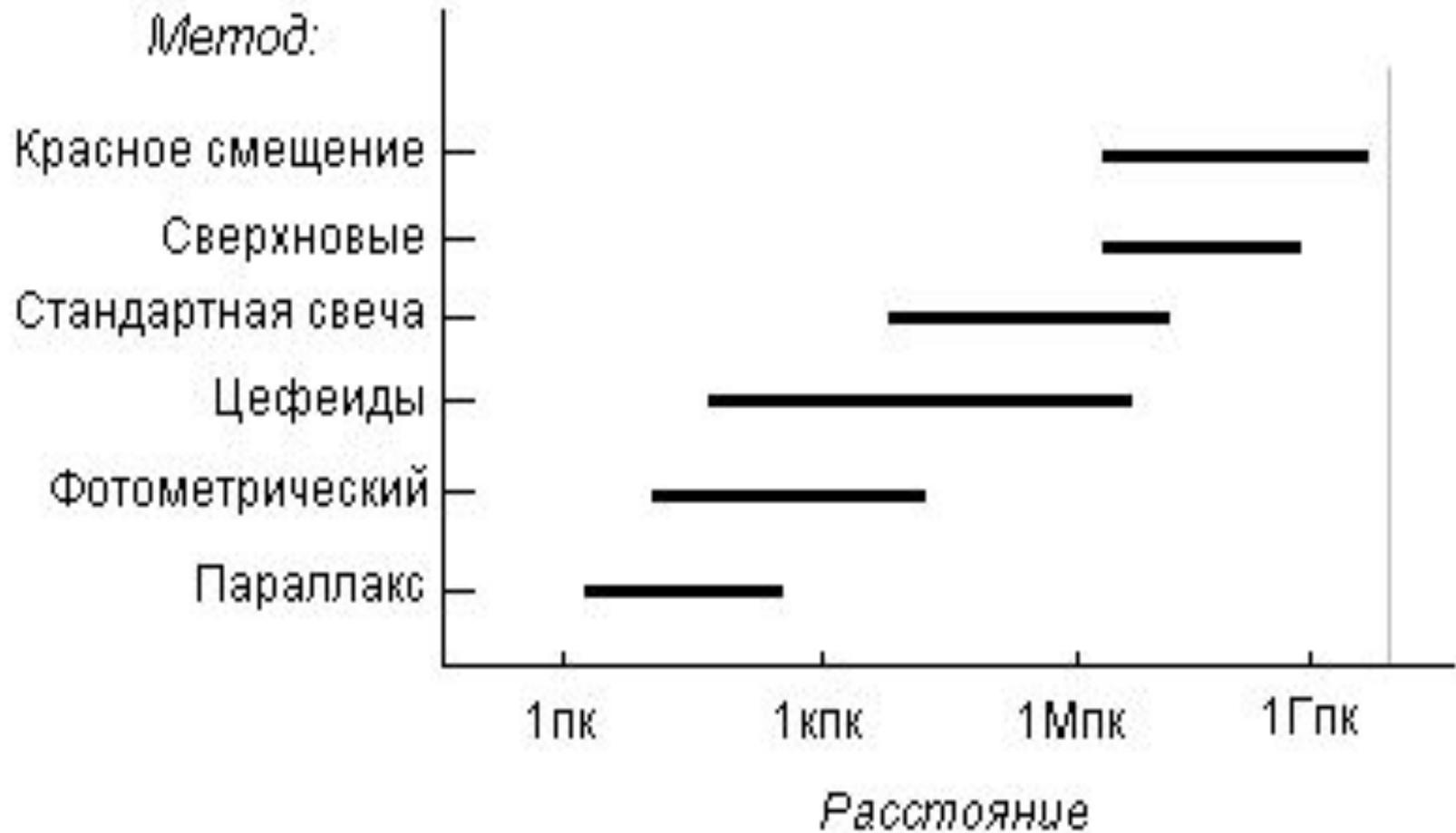
Метод «красного смещения»

- Величина смещения (z) в спектрах далеких Галактик к красному концу спектра пропорциональна расстоянию (r) – закон Хаббла
- $r = c \cdot z / H$ (Мпк);
- где H - постоянная Хаббла; c – скорость света

Красное смещение



Сравнение методов



Фильмы о Космосе на ресурсе Гиперметод

- Вселенная
- Эволюция звезд
- Солнечная система