

Определение расстояний до звезд

Бетельгейзе
200 Пк

Беллатрикс
34,3 Пк

Сириус
2,66 Пк

Саиф
66,6 Пк

Ригель
76,9 Пк

Расстояния до звезд

История открытий

- Профессор астрономии из Оксфорда Джеймс Брайлей в 1727 обнаружил открытие абберации – явления изменения направления светового луча, идущего от светила, вызванном конечностью скорости света и движением наблюдателя относительно светила. Эффект состоит в том, что вследствие движения Земли вокруг Солнца и времени, необходимого для распространения света, наблюдатель видит звезду не в том месте, где она находится.

- В 1728г, производя измерения координат γ Дракона с 14 декабря 1725г по 14 декабря 1726г, Брайлей определил, что звезда описала эллипс с большой полуосью $20,5''$.

- Все звезды в течение года описывают на небе эллипсы, - что доказывает годичное движение Земли вокруг Солнца.



Джеймс Брайлей
(1692-1762)



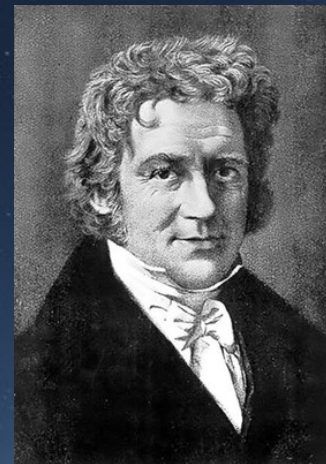
Расстояния до звезд

История открытий

- В 1822г. В.Я.Струве опубликовал параллаксы двух звезд. Его параллакс Альтаира (Альфа Орла) был близок к истинному. Но сам Струве не был уверен в результате.
- В феврале 1837г. Струве опубликовал измеренный им уже уверенно параллакс Веги (Альфа Лиры), найденный по 17 наблюдениям и оказавшийся весьма малой величиной ($0,125'' \pm 0,055$, в действительности $0,121 \pm 0,004$).
- В октябре 1838г. на основе более чем 400 наблюдений параллакс звезды 61 Лебеда ($0,314'' \pm 0,11''$) опубликовал выдающийся немецкий астроном Ф.В.Бессель, работавший в Кенигсберге и, по его словам, вдохновленный успехом Струве.
- Это затмило пионерский характер результата Струве, и Лондонское королевское общество в 1842г. присудило Бесселю золотую медаль за долгожданную победу на неуловимыми звездными параллаксами".



Василий Яковлевич
Струве
(1793-1864)



Фридрих
Вильгельм Бессель
(1784-1846)

Расстояния до звезд

История открытий

- В 1989-1993 гг. космический аппарат "Гиппарх" (HIPPARCOS - "High Precision Parallax and Coordinate Satellite", ЕКА, запущен 8.08.1989г.) измерил параллаксы ярких звезд с точностью $0''.002$.
- На борту имел 29 см рефлектор с фокусным расстоянием 140 см. Для обзора всего неба аппарат вращался вокруг своей оси с периодом 2h 05m.
- В результате проведенных спутником наблюдений был составлен каталог "Гиппаркос", содержащий положения, параллаксы и собственные движения 118218 с точностью $0,001''$ и каталог "Тихо", содержащий эти данные для 1 052 031 звезд но до 11,5m с меньшей точностью – $0,025''$ в радиусе до 1000Пк.



Расстояния до звезд

Параллакс

•Еще Коперник понимал, что расстояния до звезд можно вычислить, если удастся измерить их годовое параллактическое смещение, вызываемое вращением Земли вокруг Солнца.

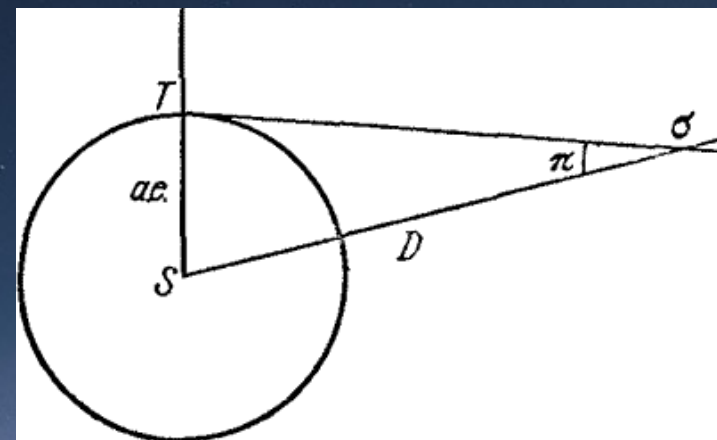
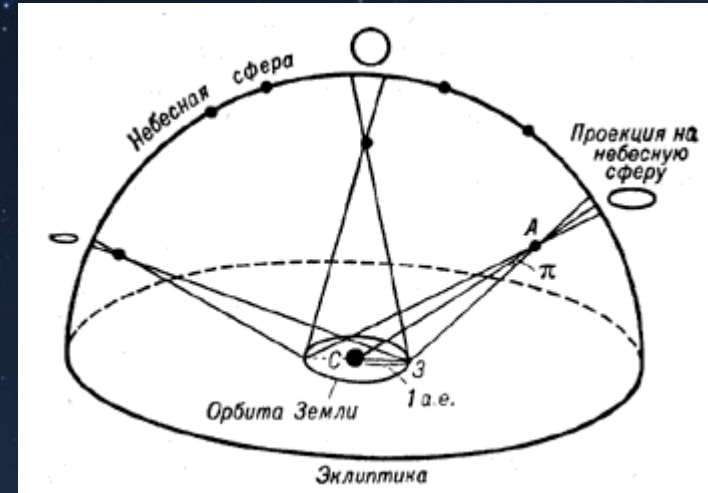
•Но в эпоху Коперника не было телескопов, а невооруженным глазом параллактическое смещение не было обнаружено. Поэтому, он пришел к выводу, что звезды удалены от Солнца не менее чем в 1000 раз дальше, чем Земля.

•Расстояние до звезды $r = 1 \text{ a.e.} / \sin \pi$

•Поскольку параллаксы меньше секунды, $\sin \pi = \pi / 206265''$

•Тогда $r = 206265'' / \pi'' \text{ (a.e.)}$

•Расстояние до Веги = $206265'' / 0,125'' = 1\,650\,000 \text{ a.e.}$



Расстояния до звезд

Абсолютные звездные величины

- Еще со времен Гиппарха было принято измерять видимую яркость звезд в звездных величинах. Разница в одну зв. величину дает изменение в яркости в 2.512 раза, а разность в пять величин - ровно в 100 раз.
- Яркости E и звездные величины m двух звезд связаны формулой Погсона

$$E_1/E_2 = 2.512^{(m_2-m_1)} \text{ или, } \lg E_1/E_2 = 0.4 (m_2-m_1)$$

Чем слабее звезды, тем больше их звездная величина. Самые яркие звезды неба имеют примерно нулевую звездную величину, а самые слабые, видимые невооруженным глазом - 6 зв. величину (обозначается маленькой буквой m). Чтобы узнать истинное излучение, или светимость звезд, нужно, чтобы все звезды были на одинаковом расстоянии. За это расстояние приняли 10 Пк.

Звездная величина, которую звезда видимой величины m имела бы на расстоянии 10 Пк от Земли, называется абсолютной и обозначается буквой M .

Расстояния до звезд

Абсолютные звездные величины

Из формулы Погсона $\lg \frac{E}{E_0} = 0.4 (M - m)$

где E_0 – излучение звезды на расстоянии 10 Пк, а E – действительное излучение, доходящее до Земли.

Но поскольку излучение обратно пропорционально квадрату расстояния,
 $E/E_0 = r_0^2/r^2$, или $\lg E/E_0 = 2 \lg r_0 - 2 \lg r = 0,4 (M - m)$

Помня, что $\lg r_0 = \lg 10 = 1$, получаем

$$M = m + 5 - 5 \lg r, \text{ или } M = m + 5 + 5 \lg \pi$$

Подставив для Солнца $\pi = 206265$, и $m = -26,78^m$ получим $M_{\odot} = +4,79^m$

Разность видимой и абсолютной звездных величин звезды ($m - M$) называется «модулем расстояния».

M можно определить по характерным признакам в спектре объекта, откуда можно найти расстояние до него по формуле

$$\lg r = 0,2 (m - M) + 1$$

Расстояния до звезд

Светимости звезд

Абсолютная звездная величина позволяет вычислить **светимость звезды** – мощность ее излучения по сравнению с солнечной $L = L_{\odot}$

$$\lg L = 0,4 (M_{\odot} - M)$$

Соотношение светимостей двух звезд можно узнать по формуле

$$\lg L_2/L_1 = 0,4 (M_1 - M_2)$$

• В 1905 г. датский астроном Э. Герцшпрунг (1873-1967) обнаружил резкое различие в светимости звезд. По светимости звезды стали распределять на **сверхгиганты, гиганты и карлики.**

• Сверхгиганты излучают в сотни тысяч раз сильнее Солнца (Дзета Скорпиона – в 480000 раз!).

• Само Солнце относится к классу «желтых карликов».

• Самые слабые звезды-карлики излучают в 580 000 раз слабее Солнца, а в среднем, в сотни раз слабее.

• Светимость зависит не только от размеров, но и от температуры фотосфер звезд. При равных размерах звезд светимость больше у более горячих.

Расстояния до звезд

Список литературы

- М.М. Дагаев и др. *Астрономия* – М.: Просвещение, 1983
- П.Г. Куликовский. *Справочник любителя астрономии* – М. УРСС, 2002
- М.М. Дагаев, В.М. Чаругин “*Астрофизика. Книга для чтения по астрономии*” - М.: Просвещение, 1988г.
- А.И. Еремеева, Ф.А. Цицин «*История Астрономии*» - М.: МГУ, 1989г.