

Годичный параллакс и расстояния до звёзд

Мысли о том, что звёзды — это далёкие солнца, высказывались ещё в глубокой древности. Однако долгое время оставалось неясным, как далеко они находятся от Земли. Ещё Аристотель понимал, что если Земля движется, то, наблюдая положение какой-либо звезды из двух диаметрально противоположных точек земной орбиты, можно заметить, что направление на звезду изменится (рис. 5.12). Это кажущееся (параллактическое) смещение звезды будет служить мерой расстояния до неё: чем оно больше, тем ближе к нам расположена звезда. Но не только самому Аристотелю, но даже значительно позднее Копернику не удалось обнаружить это смещение. Только в конце первой половины XIX в., когда телескопы были оборудованы приспособлениями для точных угловых измерений, удалось измерить такое смещение у ближайших звёзд.

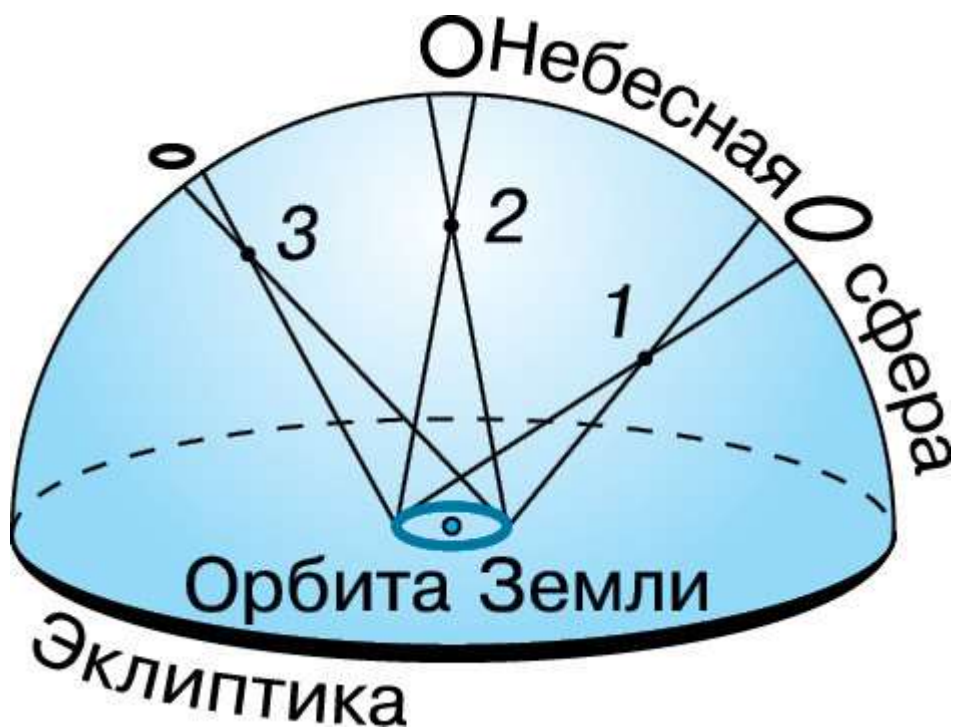


Рис. 5.12. Параллактическое смещение звезды

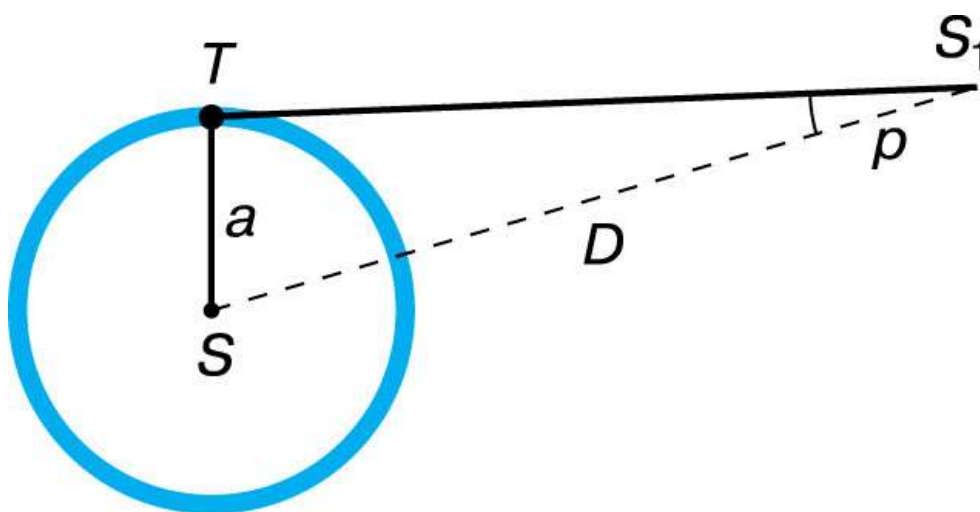


Рис. 5.13. Годичный параллакс звезды

Годичным параллаксом звезды p называется угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. е.), перпендикулярную направлению на звезду (рис. 5.13).

Расстояние до звезды

$$D = \frac{a}{\sin p},$$

где a — большая полуось земной орбиты. Заменяв синус малого угла величиной самого угла, выраженной в радианной мере, и приняв $a = 1$ а. е., получим следующую формулу для вычисления расстояния до звезды в астрономических единицах:

$$D = \frac{206\,265''}{p}.$$

В 1837 г. впервые были осуществлены надёжные измерения годичного параллакса. Русский астроном **Василий Яковлевич Струве** (1793—1864) провёл эти измерения для ярчайшей звезды Северного полушария Веги (α Лиры). Почти одновременно в других странах определили параллаксы ещё двух звёзд, одной из которых была α Центавра. Эта звезда, которая с территории России не видна, оказалась ближайшей к нам. Даже у неё годичный параллакс составил всего $0,75''$. Под таким углом невооружённому глазу видна проволочка толщиной 1 мм с расстояния 280 м. Поэтому неудивительно, что столь малые угловые смещения так долго не могли заметить.

Расстояние до ближайшей звезды, параллакс которой $p = 0,75''$,

$$\frac{206\,265''}{0,75''}$$

составляет $D =$ $= 270\,000$ а. е. Единицами для измерения столь значительных расстояний являются парсек и световой год.

Парсек — это такое расстояние, на котором параллакс звёзд равен $1''$. Отсюда и название этой единицы: пар — от слова «параллакс», сек — от слова «секунда». Расстояние в парсеках равно обратной величине годичного параллакса. Например, поскольку параллакс α Центавра равен $0,75''$, расстояние до неё равно 1,3 парсека.

Световой год — это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300 тыс. км/с, проходит за год. От ближайшей звезды свет идёт до Земли свыше четырёх лет, тогда как от Солнца около восьми минут, а от Луны немногим более одной секунды.

1 пк (парсек) = 3,26 светового года = 206 265 а. е. = $3 \cdot 10^{13}$ км.

К настоящему времени с помощью специального спутника «Гиппаркос» измерены годовые параллаксы более 118 тыс. звёзд с точностью 0,001".

Таким образом, теперь измерением годового параллакса можно надёжно определить расстояния до звёзд, удалённых от нас на 1000 пк, или 3000 св. лет. Расстояния до более далёких звёзд определяются другими методами.

Видимая и абсолютная звёздные величины. Светимость звёзд

После того как астрономы получили возможность определять расстояния до звёзд, выяснилось, что звёзды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости (т. е. по блеску). Стало очевидно, что звёзды имеют различную *светимость*. Солнце кажется самым ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звёзд.

Светимостью называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени.

Она выражается в абсолютных единицах (ваттах) или в единицах светимости Солнца.

В астрономии принято сравнивать звёзды по светимости, рассчитывая их блеск (звёздную величину) для одного и того же стандартного расстояния — 10 пк.

Видимая звёздная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась от нас на расстоянии $D_0 = 10$ пк, получила название абсолютной звёздной величины M .

Рассмотрим, как можно определить абсолютную звёздную величину M , зная расстояние до звезды D (или параллакс — p) и её видимую звёздную величину m . Напомним, что блеск двух источников, звёздные величины которых отличаются на единицу, отличается в 2,512 раза. Для звёзд, звёздные величины которых равны m_1 и m_2 соответственно, отношение их блесков I_1 и I_2 выражается соотношением:

$$I_1 : I_2 = 2,512^{m_2 - m_1}.$$

Для видимой и абсолютной звёздных величин одной и той же звезды отношение блесков будет выглядеть так:

$$I : I_0 = 2,512^{M-m},$$

где I_0 — блеск этой звезды, если бы она находилась на расстоянии $D_0 = 10$ пк.

В то же время известно, что блеск звезды меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до неё. Поэтому

$$I : I_0 = \frac{D_0^2}{D^2} :$$

Следовательно,

$$2,512^{M-m} = \frac{D_0^2}{D^2} :$$

Логарифмируя это выражение, находим

$$0,4(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2,$$

или

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

или

$$M = m + 5 + \lg p.$$

Абсолютная звёздная величина Солнца $M_\odot = 5^m$. Иначе говоря, с расстояния 10 пк наше Солнце выглядело бы как звезда пятой звёздной величины.

Зная абсолютную звёздную величину звезды M , легко вычислить её светимость L . Считая светимость Солнца $L_\odot = 1$, получаем:

$$L = 2,512^{5-M},$$

или

$$\lg L = 0,4(5 - M).$$

По светимости (мощности излучения) звёзды значительно отличаются друг от друга: некоторые излучают энергию в сотни тысяч раз больше, чем Солнце, другие — в десятки тысяч раз меньше. Абсолютные звёздные величины звёзд наиболее высокой светимости (гигантов и

сверхгигантов) достигают $M = -9^m$, а звёзды-карлики, обладающие наименьшей светимостью, имеют абсолютную звёздную величину $M = +17^m$.