

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОРБИТ ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД**§ 1. Предварительные замечания**

Закон тяготения в его современной форме позволил с исчерпывающей полнотой объяснить все движения, происходящие в солнечной системе. Изучение движений двойных звезд дало возможность сделать дальнейший шаг и непосредственно убедиться, что этот закон имеет место в гораздо более обширных областях Космоса.

Конечно, та точность, с которой в настоящее время может быть установлена применимость закона тяготения к объяснению движений двойных звезд, еще весьма далека от точности, достижимой при изучении движений тел солнечной системы. Но эта точность все время увеличивается по мере возрастания промежутков времени, охватываемых наблюдениями, а также вследствие улучшения техники наблюдений.

Вопрос об использовании движения двойных звезд для доказательства универсальности закона Ньютона привел, как уже было упомянуто (§ 4, гл. I), к решению некоторых механических задач, поставленных Бертраном. Из полученных результатов следует, что для доказательства того, что движения двойных звезд вытекают из закона тяготения, достаточно было бы показать, что наблюдаемая траектория спутника является коническим сечением. Однако такое доказательство было бы весьма грубым, поскольку форма траектории может быть установлена лишь с очень небольшой точностью. При этом доказательстве мы используем лишь координаты спутника, измеряемые с очень невысокой относительной точностью, и не используем моменты наблюдений, известные нам практически совершенно точно. Гораздо более убедительное доказательство мы получаем, изучая изменение координат спутника с течением времени. Для этого на основании закона Ньютона вычисляется относительная орбита спутника, после чего его положения в этой орбите сравниваются со всей совокупностью наблюдений.

Вычисление орбит двойных звезд очень важно для астрономии и по другим причинам. Эти звезды являются весьма важной и характерной частью окружающего нас звездного мира. Достаточно напомнить, что визуально-двойных звезд известно около 40 000, между тем открытие их возможно только в ближайших окрестностях солнечной системы. В то время, как для всех звезд среднее расстояние увеличивается при переходе от первой величины к девятой в 15 раз, для визуально-двойных звезд имеет место увеличение только в полтора раза. Отсюда можно заключить, что известные нам визуально-двойные звезды находятся внутри сферы с радиусом, не превышающим 300 световых лет. Так как число звезд внутри такой сферы порядка 140 000, то приходим к выводу, что визуально-двойные звезды составляют около 30% общего числа звезд. Прямой подсчет показывает, что среди звезд ярче 6,5 величины визуально-двойных известно свыше 11%, а среди звезд до девятой величины уже открытые визуально-двойные составляют около 7%.

Изучение движения двойных звезд открывает единственный в настоящее время путь для нахождения масс и плотностей звезд. Зная орбиту, описываемую спутником вокруг главной звезды, и параллакс, можно найти сумму их масс.

В самом деле, обозначим через m_0 и m_1 массы компонент (масса Солнца принята за единицу), через P — период обращения, выраженный в сидерических годах, через a — большую полуось орбиты, выраженную в секундах дуги. Большая полуось, выраженная в астрономических единицах, равна a/p , если через p обозначить годичный параллакс двойной звезды.

Третий закон Кеплера (§ 10, гл. III) дает

$$f(m_0 + m_1)P^2 = 4\pi^2 a^3 p^{-3},$$

где через f обозначена постоянная тяготения в принятой системе единиц.

В той же системе единиц для системы Солнце — Земля этот закон дает

$$f(1 + m) = 4\pi^2,$$

если через m обозначить сумму масс Земли и Луны.

Таким образом, исключая f и пренебрегая m , как величиной в данном случае исчезающе малой, будем иметь

$$m_0 + m_1 = a^3 P^{-2} p^{-3}. \quad (1.1)$$

Эта формула решает поставленную задачу. Но она дает сумму масс с удовлетворительной точностью только для немногих звезд, имеющих наибольший параллакс.

Соотношение (1.1), написанное в форме

$$p = aP^{-2/3} (m_0 + m_1)^{-1/3}$$

часто применяют для решения обратной задачи, т. е. для нахождения параллакса по сумме масс компонент двойной звезды. Такие параллаксы, основанные на более или менее гипотетическом значении суммы $m_0 + m_1$, получили название динамических.

Первоначально динамические параллаксы вычисляли, принимая среднее значение $m_0 + m_1 = 2$. Открытие Эддингтоном соотношения «масса — светимость» позволило пользоваться гораздо более точным значением суммы масс. Это сделало динамические параллаксы сравнимыми по точности с тригонометрическими. Ценность этого метода увеличивается еще и тем обстоятельством, что для многих двойных звезд, у которых наблюдения охватывают еще недостаточно большую часть орбиты для надежного вычисления каждого из элементов a и P в отдельности, величина $a^3 P^{-2}$ все же может быть получена с удовлетворительной точностью.

В тех случаях, когда наблюдения позволяют найти движение каждой компоненты относительно соседних звезд, становятся известными орбиты каждой компоненты относительно центра инерции системы, движущегося прямолинейно и равномерно. Так как расстояния компонент от центра инерции обратно пропорциональны их массам, то в этих случаях может быть найдена не только сумма масс, но и масса каждой компоненты в отдельности.

Мы ограничимся рассмотрением способов вычисления орбит только визуально-двойных звезд. Эти способы непосредственно связаны с изучаемыми в теоретической астрономии вопросами. Между тем методы нахождения орбит спектрально-двойных и затменно-двойных звезд тесно связаны с методикой астрофизических наблюдений, а иногда и с учетом различных физических факторов. Их целесообразнее поэтому изучать в астрофизике *).

§ 2. О наблюдениях визуально-двойных звезд

Рассмотрим, прежде всего, тот наблюдательный материал, который используется при вычислении орбиты визуально-двойной звезды.

Наблюдения дают координаты, определяющие положение спутника (т. е. более слабой компоненты) относительно главной (т. е. более яркой) звезды. Обычно применяемыми координатами являются угловое расстояние спутника от главной звезды и позиционный угол этого расстояния. Эти величины будем

*) Вопросы, относящиеся к изучению движения двойных звезд, весьма обстоятельно рассмотрены в известной монографии Эйткена [1935], содержащей много литературных указаний. Укажем также статью Г. А. Шайна [1936].