Тёмной ночью мы можем увидеть на небе около 2500 звёзд (с учётом невидимого полушария 5000), которые различаются по блеску и цвету. Кажется, что они прикреплены к небесной сфере и вместе с ней обращаются вокруг Земли.

Небесная сфера — это воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проецируются небесные тела.

Чтобы ориентироваться среди звёзд, небо разбили на 88 созвездий. Во II в. до н. э. Гиппарх разделил звёзды по блеску на звёздные величины, самые яркие он отнёс к звёздам первой величины (1т), а самые слабые, едва видимые невооружённым глазом, — к 6т. В созвездии звёзды обозначаются греческими буквами, некоторые самые яркие звёзды имеют собственные названия. Так, Полярная звезда — а Малой Медведицы имеет блеск 2т. Самая яркая звезда северного неба Вега — а Лиры имеет блеск около 0т.

Особое место среди созвездий занимают 12 зодиакальных созвездий, через которые проходит эклиптика.

Эклиптика — это большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца.

Так, в марте Солнце движется по созвездию Рыб, в мае — Тельца, в августе — Льва, в ноябре — Скорпиона.

В настоящее время для ориентации среди звёзд астрономы используют различные системы небесных координат. Одна из них — экваториальная система координат (рис. 14.1). В её основе лежит небесный экватор.

Небесный экватор — это проекция земного экватора на небесную сферу.

Полюсы мира (точки Р, Р, на рисунке 14.1) — точки пересечения оси мира — оси видимого вращения небесной сферы — с небесной сферой.

Можно считать, что ось мира совпадает с земной осью.

Круг склонения — это круг РММ^Р^ небесной сферы, проходящий через полюсы мира и наблюдаемое светило.

Эклиптика и экватор пересекаются в двух точках: весеннего (°У°) и осеннего (И) равноденствия.

Точка весеннего равноденствия находится в созвездии Рыб, и она служит начальной точкой, от которой в направлении против часовой стрелки отсчитывается прямое восхождение, его обычно обозначают буквой а.

Прямое восхождение — это длина дуги небесного экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения светила — одна из координат экваториальной системы.

Эта координата является аналогом долготы в географических координатах. В астрономии принято прямое восхождение измерять в часовой мере, а не в градусной. При этом исходят из того, что полная окружность составляет 24 ч. Вторая координата светила 5 — склонение.

Склонение светила — это угловое расстояние светила от плоскости небесного экватора, измеренное вдоль круга склонения.

Склонение является аналогом широты, её измеряют в градусной мере. Так, звезда Альтаир (а Орла) имеет координаты а = 19ч48м18с, склонение 8 = +8°44'. Измеренные координаты звёзд хранят в каталогах, по ним составляют звёздные карты, которые используют астрономы при поиске нужных светил.

Взаимное расположение звёзд на небе не меняется, они совершают суточное вращение вместе с небесной сферой. Планеты наряду с суточным вращением совершают медленное движение среди звёзд.

Видимый путь планет на небе петлеобразен. Размеры описываемых планетами петель различны. На рисунке 14.2 показано видимое петлеобразное движение Марса, которое длится 79 дней.

Наиболее просто видимое движение планет и Солнца описывается в гелиоцентрической системе отсчёта, связанной с Солнцем. Такой подход был

предложен польским астрономом Николаем Коперником (1471543). В этой системе суточное движение небесного свода объясняется вращением Земли вокруг оси, годичное движение Солнца по эклиптике — движением Земли вокруг Солнца, а описываемые планетами петли — сложением движений Земли и планет (рис. 14.3). Вокруг Земли движется только Луна. Коперник рассчитал относительные расстояния от планет до Солнца.

В астрономии среднее расстояние от Земли до Солнца принято за единицу расстояния и называется астрономической единицей (а. е.):

Так, Меркурий находится от Земли на расстоянии 0,39 а. е., а Сатурн — на расстоянии 9,54 а. е.

В античные времена и вплоть до Коперника полагали, что в центре Вселенной расположена Земля и все небесные тела обращаются по сложным траекториям вокруг неё.

Доказательство движения Земли вокруг Солнца и определение расстояний до звёзд. Если Земля обращается вокруг Солнца, то близкие звёзды должны периодически смещаться на фоне более далёких звёзд.

Периодическое смещение звезды на фоне более далёких звёзд называется параллактическим, а угол тс, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, называется параллаксом.

Как видно из рисунка 14.4, расстояние до звезды.

Так как параллакс звёзд мал, мы заменили синус малого угла самим углом, выраженным в радианной мере, а затем перешли от радианной меры к градусной, учитывая, что 1 рад = 206 265". В астрономии принято измерять расстояния до звёзд в парсеках (пк).

Парсек — расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом.

Итак, если параллакс измерять в угловых секундах, а расстояние до звезды — в парсеках, то связью между ними будет равенство.

Только во второй половине XIX в. удалось измерить параллаксы и расстояния до звёзд и тем самым подтвердить теорию Коперника наблюдениями.

Так, ближайшая к нам звезда а Центавра имеет параллакс тс = 0,751", поэтому расстояние до нее.

Законы движения планет. В конце XVI в. немецкий астроном Иоганн Кеплер, изучая движение планет, открыл три закона их движения.

1. Орбита каждой планеты есть эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце (рис. 14.5).

2 Каждая планета движется так, что радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.

3. Квадраты периодов обращения двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.

На основании этих законов И. Ньютон вывел формулу для закона всемирного тяготения. В дальнейшем, используя законы механики, И. Ньютон решил задачу двух тел — вывел законы, согласно которым одно тело движется в поле тяготения другого тела. Он получил три обобщённых закона Кеплера.

Под действием силы притяжения одно небесное тело движется в поле тяготения другого небесного тела по одному из конических сечений — кругу, эллипсу, параболе или гиперболе (рис. 14.6).

Планеты движутся вокруг Солнца по эллиптической орбите (см. рис. 14.5).

Ближайшая к Солнцу точка орбиты называется перигелием, самая далёкая — афелием. Линия, соединяющая какую-либо точку эллипса с фокусом, называется радиус-вектором. Отношение расстояния между фокусами к большой оси (к наибольшему диаметру) называется эксцентриситетом е.

Эллипс тем сильнее вытянут, чем больше его эксцентриситет. Большая полуось эллипса а — среднее расстояние от планеты до Солнца.

По эллиптическим орбитам движутся также кометы и астероиды. У окружности е = 0, у эллипса О < е < 1, у параболы е = 1, у гиперболы е > 1 (см. рис. 14.6).

Движение естественных и искусственных спутников вокруг планет, движение одной звезды вокруг другой в двойной системе также подчиняются этому первому обобщённому закону Кеплера.

Формулировка второго закона Кеплера не потребовала обобщения.

Планета проходит путь от точки А до точки А' и от точки В до точки В' (рис. 14.7) за одно и то же время. Другими словами, планета движется быстрее всего в перигелии, а медленнее всего, когда находится на наибольшем удалении (в афелии). Таким образом, второй закон Кеплера определяет скорость движения планеты. Она тем больше, чем планета ближе к Солнцу. Так, скорость кометы Галлея в перигелии равна 55 км/с, а в афелии равна 0,9 км/с.

Куб большой полуоси орбиты тела, деленный на квадрат периода его обращения и на сумму масс тел, есть величина постоянная.

Если Т — период обращения одного тела вокруг другого тела на среднем расстоянии а, то третий обобщённый закон Кеплера можно записать так: где М1 и М2 — массы двух притягивающихся тел, а G — гравитационная постоянная. Для Солнечной системы масса Солнца М0 = Мх М2 массы любой планеты, и тогда.

Правая часть уравнения — постоянная для всех тел Солнечной системы, что и утверждает третий закон Кеплера, полученный учёным из наблюдений.

Третий обобщённый закон Кеплера позволяет определять массы планет по движению их спутников и массы двойных звёзд по элементам их орбит.

Если массы тел в двойных звёздах измерять в массах Солнца, расстояние между ними — в астрономических единицах, а периоды — в годах, то третий обобщённый закон Кеплера принимает вид. Для тел Солнечной системы.