



5–6 классы

1. Во время наблюдения (с Земли) прохождения Венеры по диску Солнца проводилась радиолокация Венеры: с Земли к Венере был отправлен радиосигнал, который через некоторое время, отразившись от Венеры, вернулся обратно. Найдите время, прошедшее между отправкой и приемом сигнала на Земле, если известно, что свет идет от Солнца до Земли около 500 секунд, радиосигнал распространяется со скоростью света, а радиус орбиты Венеры составляет 0.7 астрономической единицы.

Решение:

Радиус орбиты Земли равен 1 астрономической единице (а.е.). Так как во время радиолокации Венера проходила по диску Солнца, расстояние от Венеры до Земли составляло $1 - 0.7 = 0.3$ а.е. Поскольку радиосигнал должен был пройти от Земли до Венеры и вернуться обратно, общее расстояние, которое он прошел, составляет $0.3 \cdot 2 = 0.6$ а.е.

Из условия известно, что 1 а.е. радиосигнал проходит за 500 секунд. Следовательно, 0.6 а.е. будут пройдены за $0.6 \cdot 500 = 300$ с, или 5 минут.

2. Луна, Юпитер и очень яркая Венера однажды вечером для наблюдателя в Петербурге оказались на небе рядом друг с другом. Опишите, как через двое суток может измениться взаимное расположение этих трех объектов и их положение на фоне звезд.

Решение:

Венера, как внутренняя планета, не отходит на небе далеко от Солнца. Следовательно, вечером подобная картина могла наблюдаться только в западной части неба недалеко от зашедшего Солнца. Таким образом Луна в этот момент была левее (восточнее) Солнца, т.е. была «растущей». Луна из-за обращения вокруг Земли движется на небе в сторону, противоположную суточному вращению самого неба. Следовательно, через двое суток Луна отодвинется от планет к востоку. Так как полный оборот относительно звезд Луна совершает примерно за месяц (точнее, за 27.3 суток), то за двое суток она пройдет примерно $1/15$ полного оборота, или около 24° . Это примерно полтора созвездия, если считать, что созвездия, по которым проходит Луна, примерно равномерно распределены вдоль ее орбиты. Таким образом, можно сказать, что Луна точно окажется в другом созвездии, нежели планеты, причем отойдет от них к востоку.

Очевидно, что Юпитер за двое суток совершенно не изменит своего положения среди звезд, т.к. он очень медленно перемещается из-за своего орбитального движения, делая полный оборот относительно звезд примерно за 12 лет.

Ответ на вопрос о том, куда относительно звезд и Юпитера сместится Венера, зависит от того, в какую сторону она движется в данный момент для земного наблюдателя. Так как в условии сказано, что Венера очень яркая, то она в момент наблюдения находится где-то между максимально далеким от Солнца положением на небе (т.н. максимальной элонгацией) и нижним соединением (т.е. моментом, когда Венера находится точно между Землей и Солнцем), причем ближе к максимальной элонгации. В этот период Венера достаточно близка к Земле, с одной стороны и обладает довольно большой фазой (мы видим немного меньше половины ее освещенного диска), с другой стороны, поэтому яркость Венеры

велика. В этот период Венера может двигаться среди звезд как в прямом направлении (т.е. в том же, что и Солнце в своем годичном движении), тогда она сместится влево (на восток), так и в обратном, тогда она сместится вправо. Также Венера может находиться в так называемом «стоянии», когда она кажется неподвижной земному наблюдателю. В любом случае, смещение Венеры относительно звезд и Юпитера будет небольшим, не больше 2-3 градусов.

3. Известно, что расстояние от Земли до Луны в 400 раз меньше, чем расстояние от Луны до Солнца. Во сколько раз орбитальная скорость Земли больше орбитальной скорости Луны?

Решение:

Для вычисления орбитальной скорости требуется разделить длину соответствующей орбиты на период обращения по этой орбите.

Обе орбиты можно приблизительно считать круговыми, и в таком случае можно воспользоваться тем, что длина окружности l связана с ее радиусом r соотношением $l = 2\pi \cdot r$, где $\pi = 3.14159265 \dots$ (впрочем, заметим, что для решения задачи достаточно догадаться, что длина окружности пропорциональна ее радиусу, конкретное значение коэффициента пропорциональности не требуется). Тогда:

$$\frac{v_{\oplus}}{v_{\zeta}} = \frac{l_{\oplus}}{l_{\zeta}} \cdot \frac{P_{\zeta}}{P_{\oplus}},$$

где значками \oplus и ζ обозначены величины, относящиеся к орбите Земли вокруг Солнца и орбите Луны вокруг Земли соответственно, P — периоды обращения. Поскольку расстояние от Земли до Луны в 400 раз меньше расстояния от Земли до Солнца, то $\frac{l_{\oplus}}{l_{\zeta}} = 400$.

Отношение $\frac{P_{\zeta}}{P_{\oplus}}$ можно оценить как $1/12$, зная, что в году содержится 12 месяцев (на самом деле период обращения Луны вокруг Земли меньше календарного месяца, он составляет примерно 27.5 суток, и тогда отношение периодов можно записать более точно как $1/13$, но итоговый результат это изменит не очень сильно). В результате получаем, что скорости относятся как $400/12 \approx 30$, т.е. орбитальная скорость Земли примерно в 30 раз больше орбитальной скорости Луны.

4. Нептун был открыт Иоганном Галле 23 сентября 1846 года. Однако, как было обнаружено впоследствии, еще Галилео Галилей 29 января 1613 года наблюдал Нептун, но принял его за звезду. Известно также, что 12 июля 2011 года исполнился ровно один «нептунианский год» с момента открытия Нептуна Иоганном Галле.

Сегодня Нептун наблюдается на небе в созвездии Водолея. Определите, в каком созвездии Нептун наблюдал Галилео Галилей 400 лет назад.

Решение:

Первое, о чем следует подумать: Нептун находится далеко от Солнца и, как следствие, движется на фоне звезд с очень малой скоростью. Поэтому точные даты, приведенные в условии, имеют только историческое значение, все вычисления достаточно делать с точностью по крайней мере до целого числа лет (на самом деле даже до десятков лет).

Из того, что Нептун был открыт в 1846 году, а в 2011 году исполнился один «нептунианский год», следует, что период обращения Нептуна вокруг Солнца составляет 165 лет. Из-за того, что расстояние от Солнца до Земли намного меньше расстояния от Солнца до Нептуна, можно считать, что и по эклиптике (т.е. по зодиакальным созвездиям) Нептун перемещается с тем же периодом, и за 400 лет Нептун должен был обойти всю эклиптику $400/165 = 2\frac{70}{165}$ раза.

Поскольку протяженность участков эклиптики, относящихся к разным зодиакальным созвездиям, вообще говоря, разная, то можно воспользоваться грубой оценкой $70/165 \approx 1/2$,

т.е. Галилей должен был наблюдать Нептун в созвездии, примерно противоположном созвездию Водолея. Это созвездия Рака, Льва и Девы (последнее и является точным ответом).

5. Вопреки распространенному мнению период вращения Земли вокруг своей оси не равен продолжительности солнечных суток, т.е. отличается от 24 часов 00 минут. Вычислите, чему равен период вращения Земли вокруг своей оси на самом деле с точностью до минуты.

Решение:

Если посмотреть на Землю со стороны ее северного полюса, то окажется, что Земля вращается и вокруг своей оси, и вокруг Солнца в одну и ту же сторону (против часовой стрелки). Рассмотрим некоторый момент времени, когда Земля повернута к Солнцу определенной стороной. За то время, что Земля делает полный оборот вокруг своей оси, она успевает немного сместиться по орбите вокруг Солнца, и для того, чтобы оказаться в исходном положении относительно Солнца, ей необходимо еще немного повернуться. Именно время, затраченное на этот дополнительный небольшой поворот, и является разницей между периодом вращения Земли вокруг оси и продолжительностью солнечных суток (заметим, что солнечные сутки несколько больше периода вращения).

Если продолжительность одного года — оборота Земли вокруг Солнца — составляет n солнечных суток, то за то же время Земля обернется вокруг своей оси $n + 1$ раз: в течение года один оборот Земли вокруг оси будет как бы «скомпенсирован» одним ее оборотом вокруг Солнца. Число n , как известно, примерно равно 365, следовательно, время, необходимое на один дополнительный поворот каждые сутки, составляет примерно $1/365$ часть суток.

Осталось вычислить результат. В сутках $24 \cdot 60 = 1440$, так что разница между солнечными сутками и периодом вращения Земли составляет $1440/365 \approx 4$ минуты. Следовательно, период вращения Земли вокруг своей оси примерно равен 23 часам 56 минутам.