

**XXXII Санкт-Петербургская
Астрономическая олимпиада**
теоретический тур, решения

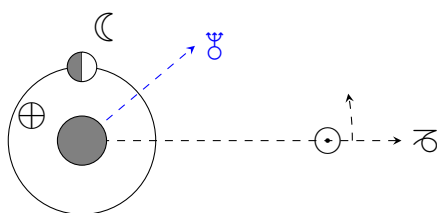
2025
2
февраля

5–6 классы

1. Вчера наблюдатели на Чукотке могли видеть покрытие Нептуна Луной. 5 февраля Луна будет наблюдаться в первой четверти. В каком созвездии 5 февраля Нептун можно будет наблюдать с Земли?

Решение:

Определим местоположение Луны 1 февраля. Луна и Солнце на небе Земли движутся в одном направлении практически по одним и тем же созвездиям. Нептун бывает в тех же созвездиях, что и Солнце, и практически не движется на временах порядка нескольких дней. Из-за того, что Луна движется по небу быстрее Солнца, их взаимное расположение на небе меняется. Поэтому изменяются условия освещения Солнцем Луны, а значит, меняются ее фазы. Период смены фаз Луны равен 29.5 суток. Так как 5 февраля Луна будет в первой четверти, то она будет опережать Солнце в расположении по созвездиям на 90° .



Тогда 1 февраля отклонение Луны от Солнца составляло примерно

$$90^\circ - \frac{4}{29.5} \cdot 360^\circ \approx 40^\circ.$$

1 февраля Солнце находилось в созвездии Козерога, примерно посередине своего пути по созвездию. Значит Луна находилась в созвездии, в которое Солнце попадет спустя примерно 40 дней (см. решение задачи 3), то есть соответствующем середине марта. Это созвездие Рыб. Значит, Нептун 1 февраля также находился в созвездии Рыб, а так как в течение нескольких дней он практически не переместится по небу, то и 5 февраля он будет в созвездии Рыб.

А.В.Веселова

2. С 17 ноября 1970 года по 14 сентября 1971 года на поверхности Луны работал «Луноход-1». За время работы луноход преодолел 10.5 км. Определите во сколько раз средняя скорость лунохода меньше средней скорости движения Луны по орбите. Радиус орбиты Луны можно считать равным 60 радиусам Земли.

Решение:

Для начала определим время работы лунохода, просто посчитав количество дней работы. Оно окажется равным примерно 300 суткам. За это время Луноход-1 преодолел $l = 10500$ м. Тогда средняя скорость:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{10500}{300} = 35 \text{ м/сут.}$$

Поскольку радиус Земли равен примерно 6400 км, получаем, что радиус орбиты Луны $r = 6400 \cdot 60 = 384400$ км. Луна совершает один оборот вокруг Земли за $T = 27.3$ суток. Тогда скорость движения Луны по орбите

$$v_{\zeta} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{6.3 \cdot 3.8 \cdot 10^8}{27.3} \approx \frac{24 \cdot 10^8}{27.3} \approx 9 \cdot 10^7 \text{ м/сут.}$$

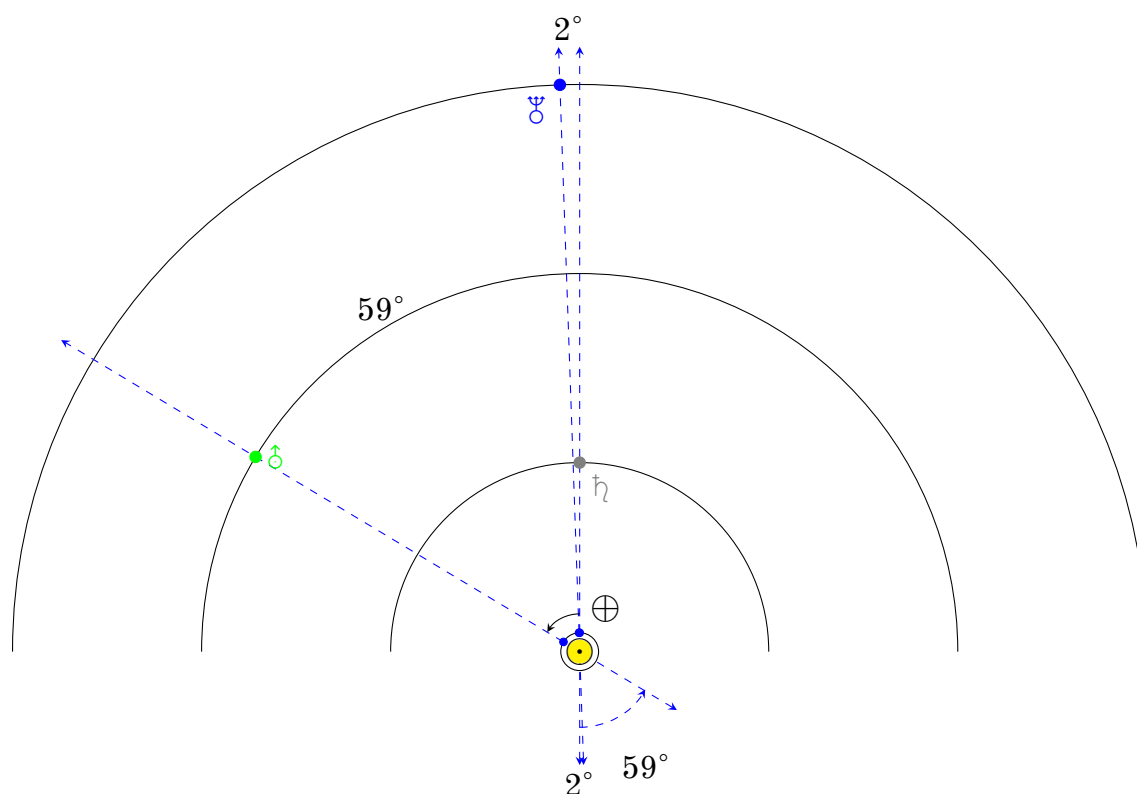
В итоге, скорость лунохода меньше скорости Луны в $9/35 \cdot 10^7 \approx 3 \cdot 10^6$ раз.

С.А.Русаков

3. Противостоянием некоторой планеты называется ситуация, когда эта планета и Солнце на земном небе находятся в диаметрально противоположных направлениях. В 2025 году Сатурн окажется в противостоянии 21 сентября, Нептун — 23 сентября, а Уран — 21 ноября. Оцените угловые расстояния между этими планетами на земном небе осенью 2025 года.

Решение:

Все перечисленные в условии планеты находятся далеко от Солнца и от Земли и поэтому очень медленно перемещаются среди звезд на земном небе. Таким образом, изменением их взаимного расположения в течение двух месяцев можно пренебречь. В отличие от них Солнце на небе перемещается довольно быстро за счет годичного движения Земли вокруг него. За год Земля делает полный оборот в 360° вокруг Солнца, следовательно, Солнце также совершает полный оборот среди звезд на небе Земли. Так что можно оценить, что за сутки Солнце смещается по небу чуть меньше, чем на $1^\circ = 360^\circ/365$.



Если Сатурн окажется в противостоянии 21 сентября, а Нептун — 23 сентября, то Солнцу будет требоваться 2 суток для того, чтобы от точки неба, противоположной Сатурну, дойти до точки, противоположной Нептуну. То есть можно оценить угловое расстояние на небе между Сатурном и Нептуном в 2 градуса. Аналогично, Солнце должно пройти между точкой, противоположной Нептуну, и точкой, противоположной Урану, за $7 + 31 + 21 = 59$ суток. То есть расстояние между Нептуном и Ураном можно оценить в 59° . Более точно расстояния считать нет смысла, так как в условии не даны точные времена противостояний.

М.В.Костина

4. Приблизительно через 8 миллиардов лет в недрах Солнца прекратятся термоядерные реакции и оно станет белым карликом — малой звездой, светящейся только за счет своего остывания. Но перед этим Солнце пройдет стадию красного гиганта, когда ему и окружающим планетам предстоит череда катаклизмов. Наше светило будет то раздуваться, то снова сжиматься, а его максимальный размер окажется в 250 раз больше нынешнего. Считая, что орбиты небесных тел Солнечной системы к тому времени существенно не изменятся, оцените, сколько планет поглотит наше светило. Напомним, что сейчас угловой диаметр диска Солнца равен $0^\circ.5$.

Решение:

Сначала определим современный радиус Солнца. Расстояние до Солнца от Земли по определению равно 1 астрономической единице, а длина окружности с радиусом 1 а.е. равна $2\pi \approx 6.3$ астрономических единиц. Вся такую окружность мы видели бы под углом 360° , и раз на диаметр Солнца из нее приходится $0^\circ.5$, то это означает, что линейный диаметр Солнца составляет примерно $1/720$ длину окружности. Тогда диаметр Солнца — это примерно $6.3/720 \approx 1/100$ а.е., а радиус, соответственно, $1/200$ а.е. На самом деле оба значения чуть меньше (например, более точное значение диаметра — 0.0093 а.е.), но для оценки нас устроит и такая точность.

На стадии красного гиганта радиус станет в 250 раз больше, и тогда окажется равным примерно $250/200 = 1.2$ а.е. (округлим в меньшую сторону, учитывая, что нынешний радиус Солнца мы немного завысили). Это значение больше радиуса орбиты Земли (1 а.е.), но меньше радиуса орбиты Марса (1.5 а.е.), следовательно, если считать, что радиусы орбит планет останутся к моменту катаклизма почти что неизменными, то будут поглощены Меркурий, Венера и Земля.

Однако, стоит отметить, что в реальности вследствие потерей Солнца своей массы, орбиты планет увеличатся в размерах. На данный момент предполагается, что будут поглощены Меркурий и Венера, а Земля уцелеет. Отметим также, что Солнечная система в целом представляет из себя так называемую хаотическую систему, точный расчет орбит в которой на длительные интервалы времени представляет из себя очень сложную задачу.

И.Д.Маркозов

5. Один из жителей России посетовал в интернете: «*Очень неудобно из Кирова до Перми ехать. Путь в 500 км едешь 7 часов. А в обратную сторону только 3 часа.*» Что имел в виду автор? Почему возможна такая ситуация? С какой скоростью для этого должен ехать автомобиль, если считать, что в обоих направлениях он движется с одинаковой скоростью?

Решение:

Дело в том, что Киров и Пермь находятся в разных часовых поясах. Соответственно в комментарии имеется в виду, что по гражданскому времени разница между моментом выезда из одного города и по приезду в другой будет либо 7, либо 3 часа.

Пусть время, затрачиваемое на путь в любую сторону, одинаково и равно T . Обозначим разницу часовых поясов как ΔT . Тогда из условия следует, что $T + \Delta T = 7$ часов, а $T - \Delta T = 3$ часа. Решив эту систему уравнений, получаем, что $T = 5$ часов, а $\Delta T = 2$ часа. Тогда средняя скорость поездки составит $500 \text{ км} / 5 \text{ часов} = 100 \text{ км/час}$.

Заметим, что разница по долготе между городами не настолько большая и составляет менее получаса. Однако из-за того, что границы часовых поясов «привязаны» к административным и зачастую достаточно сильно отклоняются от соответствующих меридианов, разница часовых поясов получается существенно большей.

В.В.Григорьев