



Районный этап  
Всероссийской олимпиады  
по астрономии  
Санкт-Петербург

2018  
21  
ноября

---

8–9 классы

---

1. Какие планеты Солнечной системы могут покрывать друг друга (и первая — вторую, и вторая — первую) для наблюдателя с Земли? Перечислите все возможные пары таких планет. Каким был бы ответ на тот же вопрос, если бы он был задан 20 лет назад?

**Решение:**

Из условия следует, что каждая из такой пары планет должна иметь возможность оказаться между Землей и другой планетой на одной прямой. Поскольку планеты вращаются вокруг Солнца по примерно круговым орбитам (которые не пересекаются), то в том случае, если обе планеты внешние, подобная ситуация невозможна — более далекая от Солнца планета всегда при покрытии окажется и более далекой от Земли. Если одна из планет внешняя, а другая — внутренняя, требование также невозможно выполнить — внешняя планета во время покрытия всегда будет дальше. И только в том случае, если обе планеты внутренние, возможна ситуация, когда каждая из них при покрытии может оказаться как ближе к Земле, так и дальше. Но поскольку внутренних планет ровно две, это означает, что есть только одна искомая пара планет — Меркурий и Венера.

Двадцать лет назад ситуация отличалась: к числу планет относился Плутон. Его орбита существенно вытянута, в результате чего он иногда оказывается ближе к Солнцу, чем Нептун. Однако периоды обращения Плутона и Нептуна вокруг Солнца с высокой точностью относятся как 3 : 2, в результате чего Плутон никогда не подходит близко к Нептуну (и, как следствие, покрытие одного другим при наблюдении с Земли оказывается невозможным). Таким образом, 20 лет назад ответ на вопрос был бы таким же.

*М.В.Костина, П.А.Тараканов*

2. 21 сентября на экваторе Солнце взошло одновременно с заходом Луны. Оцените, насколько будет отличаться время захода Солнца и восхода Луны там же в этот же день? Что произойдет раньше?

**Решение:**

21 сентября — это день осеннего равноденствия, следовательно, Солнце в этот день движется по небесному экватору (суточная параллель Солнца совпадает с небесным экватором). Так как во время восхода Солнца оно и Луна оказались в противоположных точках небесной сферы, то Луна в этот день находится в точке весеннего равноденствия, и ее «мгновенная» суточная параллель также совпадает с небесным экватором.

Как Солнце, так и Луна, вследствие орбитальных движений, движутся навстречу суточному вращению небесной сферы, причем за сутки Луна по своей орбите проходит  $360^\circ/27.3 \approx 13^\circ$  относительно звезд, а Солнце — около  $1^\circ$ . Как следствие, за сутки Луна отстанет от Солнца примерно на  $12^\circ$ , а за половину суток — на  $6^\circ$ .

Заметим, что орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики (на угол около  $5^\circ$ ), эклиптика в свою очередь наклонена к экватору (на угол  $23^\circ.4$ ), но это означает, что максимально возможный угол наклона орбиты Луны к экватору меньше  $30^\circ$ , и учет наклона приводит к сравнительно небольшой поправке (в  $\approx \cos 30^\circ \approx 0.9$  раза).

Таким образом, восход Луны отстанет от захода Солнца примерно на  $6/360 = 1/60$  часть суток, что составляет 24 минуты. Можно отметить, что в решении выше не учитывалась атмосферная рефракция, однако ее характерная величина меньше, чем основной эффект, связанный с суточным движением Луны, поэтому в качестве оценки можно использовать уже полученный ответ, округлив его до получаса.

*М.В.Костина*

3. Крабовидная туманность появилась в результате вспышки Сверхновой 1054 года, расположенной на расстоянии 2 кпк от Солнца. Сейчас ее угловой диаметр равен  $6'$ . Оцените среднюю скорость, с которой края туманности удалялись от места вспышки.

**Решение:**

Примерно за тысячу лет края туманности прошли  $3'$  на небе. Поскольку по определению парсека на расстоянии 2 кпк от Солнца угол в  $1''$  соответствует расстоянию 2000 а.е., это означает, что за прошедшее время края прошли расстояние  $2000 \cdot 3 \cdot 60 = 3.6 \cdot 10^5$  а.е. Следовательно, скорость равна 360 а.е./год. Если перевести эту величину в км/с, получится около  $1.7 \cdot 10^3$  км/с.

*Б.Б.Эскин*

4. Оцените максимальное расстояние, на котором сейчас принципиально возможно наблюдать звезды, являющиеся копиями Солнца.

**Решение:**

Известно, что абсолютная звездная величина Солнца составляет около  $+5^m$ , а предельная проникающая способность телескопов — около  $+30^m$ . Поскольку блеск звезды падает обратно пропорционально квадрату расстояния до нее, а изменение блеска в 100 раз соответствует изменению на  $5^m$ , получаем, что при удалении звезды в 10 раз ее видимая звездная величина увеличивается на  $5^m$ . Абсолютная звездная величина — это видимая звездная величина со стандартного расстояния 10 пк, соответственно, звездой  $+30^m$  звездной величины Солнце будет, если оно окажется в  $10^5$  раз дальше, т.е., на расстоянии около 1 Мпк.

*В.В.Григорьев*

5. Вокруг звезды массой 2 массы Солнца по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости, обращаются две планеты. Радиусы орбит планет равны 2 а.е. и 4 а.е. Жители планет обмениваются радиосигналами в моменты наибольшего сближения планет. Определите, сколько времени проходит между сеансами радиосвязи и сколько времени идет сигнал от внутренней планеты к внешней?

**Решение:**

Для наблюдателя с внутренней планеты в момент сеанса радиосвязи внешняя планета находится в противостоянии со звездой. Тогда расстояние между планетами равно разности радиусов орбит:  $L = a_2 - a_1 = 2$  а.е. Известно, что свет от Солнца до Земли идет около 8 минут, в данном же случае расстояние вдвое большее, то есть время распространения сигнала составляет примерно 16 минут.

Определим периоды обращения планет вокруг звезды по третьему закону Кеплера в рамках сопоставления данной системы с Солнечной. Для этого периоды обращения выразим в годах, радиус орбиты — в астрономических единицах, массу звезды — в массах Солнца:

$$\frac{T_{1,2}^2}{a_{1,2}^3} = \frac{1}{M}.$$

Отсюда периоды обращения планет равны  $T_1 = 2$  года,  $T_2 \approx 5.7$  лет.

Интервал времени между сеансами связи будет соответствовать синодическому периоду внешней планеты для наблюдателя на внутренней планете, при этом

$$S = \frac{T_2 T_1}{T_2 - T_1} \approx 3.1 \text{ года.}$$

Заметим, что формально можно рассмотреть также случай, когда планеты обращаются вокруг звезды в разные стороны, однако в действительности таких планетных систем не бывает.

*А.В.Веселова*