

XXII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
теоретический тур, решения

2015  
1  
февраля

5–6 классы

1. Поскольку Юпитер является газовой планетой, то его период вращения вокруг оси на разных широтах различается. Приэкваториальные области Юпитера совершают один оборот вокруг оси за 9 часов 50 минут, а удаленные от экватора — за 9 часов 55 минут. Найдите, на сколько юпитерианских суток различается продолжительность юпитерианского года на разных широтах, если известно, что один оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 12 земных лет.

**Решение:**

Разница в периодах равна 5 минутам, что примерно равно

$$\frac{5 \text{ мин.}}{10 \text{ часов} \cdot 60 \text{ мин.}} = \frac{1}{120} \text{ юпитерианских суток.}$$

Один юпитерианский год равен

$$\frac{12 \text{ зем. лет} \cdot 365 \text{ зем. сут.} \cdot 24 \text{ часа}}{10 \text{ часов}} \text{ юпитерианских суток.}$$

Так как каждый оборот Юпитера (т.е. средние юпитерианские сутки) накапливается разница в 5 минут, то за юпитерианский год накопится:

$$\Delta t = \frac{1}{120} \cdot \frac{12 \cdot 365 \cdot 24}{10} \approx 88 \text{ юпитерианских суток.}$$

2. Кратеры Королев и Герцшпрунг находятся на экваторе Луны на ее обратной стороне. Терминатор (граница освещенной и неосвещенной поверхности) проходит расстояние между ними за 60 часов. Найдите расстояние между кратерами по поверхности Луны. Радиус Луны составляет примерно  $1/4$  радиуса Земли.

**Решение:**

55-летию первой съемки обратной стороны Луны посвящается. . .

Как известно, Луна повернута к Земле всегда одной и той же стороной, поскольку она совершает полный оборот вокруг своей оси за то же время, что и полный оборот вокруг Земли по орбите. Из-за того, что Луна вращается вокруг своей оси, на ней, как и на Земле, происходит смена дня и ночи. Жители Земли могут непосредственно наблюдать это явление в виде смены так называемых лунных фаз. Известно, что период полной смены лунных фаз равен примерно месяцу<sup>1</sup> (отсюда и месяцы в календаре). Тому же равен

<sup>1</sup>Точнее, его продолжительность равна 29.5 земных суток. Кстати, этот период не совпадает с периодом вращения Луны вокруг своей оси и, соответственно, с периодом обращения Луны вокруг Земли, которые равны 27.3 суток. Это происходит из-за того, что за месяц Земля с Луной успевают достаточно заметно переместиться по орбите вокруг Солнца.

период полного оборота терминатора по лунной поверхности. Таким образом, за 30 земных суток терминатор проходит полную длину экватора Луны. Следовательно, за 60 часов терминатор пройдет

$$\frac{60}{30 \cdot 24} = \frac{1}{12} \text{ длины экватора.}$$

Известно, что длина экватора Земли равна 40 000 км, следовательно, длина экватора Луны примерно равна 10 000 км. Таким образом, расстояние между кратерами равно

$$\frac{1}{12} \cdot 10\,000 \approx 800 \text{ км}$$

3. В 2005 году в России был введен День российского студенчества, отмечаемый 25 января. Выбор даты был обусловлен тем, что в тот же день в том же году Русская православная церковь отмечала день святой Татьяны, а в 1755 году также в день святой Татьяны был подписан указ об основании Московского университета. Известно, что Русская православная церковь пользуется юлианским календарем. Укажите точные даты, когда в 2155 году состоятся:

- А) день святой Татьяны,
- В) 400-летие основания Московского университета,
- С) День российского студенчества.

Объясните свой ответ.

**Решение:**

Используемый нами сейчас григорианский календарь отличается от юлианского тем, что годы, номера которых делятся на 100, но не делятся на 400, в нем (в отличие от юлианского) високосными не являются. Это приводит к тому, что сейчас (а также в течение XX и XXI веков) юлианский календарь отстает от григорианского на 13 суток. Несложно получить, что в 1755 году расхождение составляло 11 суток, а в 2155 году будет составлять уже 14 суток.

Отсюда сразу же можно сделать важный вывод: если в 2005 году день святой Татьяны приходился на 25 января, то в XVIII веке, когда был основан Московский университет, он соответствовал другой дате григорианского календаря, а именно 23 января. Поскольку юбилеи событий, не имеющих отношения к церкви, отмечаются по григорианскому календарю, то ответ на вопрос В) — 23 января.

Ответ на вопрос С) содержится непосредственно в условии задачи. День российского студенчества отмечается 25 января, эта дата не изменится и к 2155 году.

Наконец, поскольку в XXII веке юлианский календарь отстанет еще на сутки от григорианского по сравнению с нынешним, то ответ на вопрос А) — 26 января.

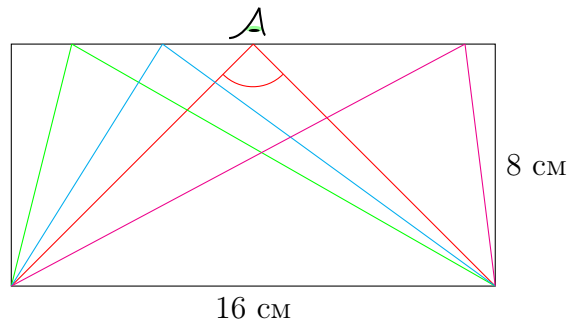
Увы, пересчет дат юлианского календаря в григорианский путем прибавления 13 суток вне зависимости от века, к которому относится событие, хотя и очень распространен, но неправилен. Введение Дня российского студенчества — пример подобной календарной путаницы, к сожалению, оказавшейся законодательно закрепленной.

4. Космонавт, находящийся на орбитальной станции, летящей на высоте 400 км над поверхностью Земли, видит Землю в круглый иллюминатор диаметром 16 см, находящийся в стенке толщиной 8 см. Сможет ли он увидеть в иллюминатор диск Земли полностью? Обоснуйте свой ответ.

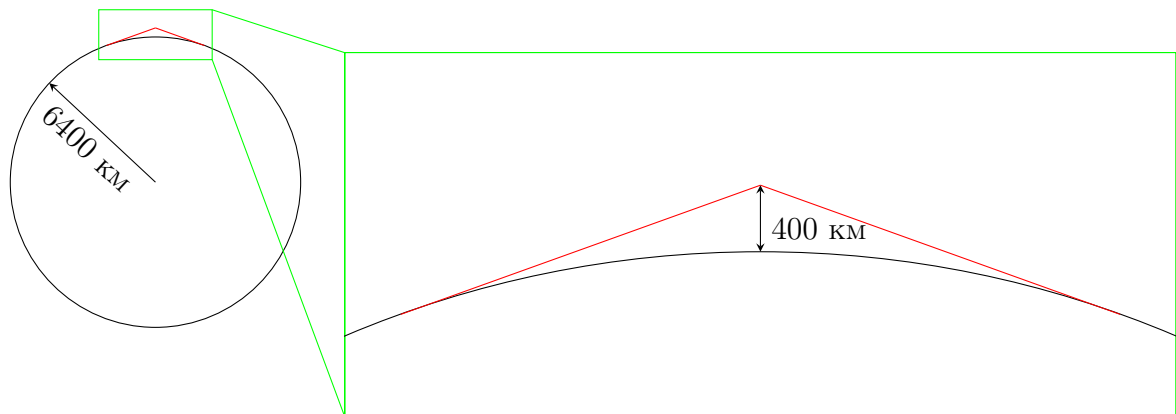
**Решение:**

Иллюминатор представляет собой цилиндр диаметром 16 см и высотой 8 см. Если его мысленно разрезать по диаметру, получится прямоугольник размером 16 × 8 см. Если

нарисовать такой прямоугольник (при необходимости уменьшив его, например, в 2 раза), то становится очевидным (см. рисунок), что, к какой бы точке иллюминатора ни прикладывал глаз космонавт (внутри иллюминатора космонавт глаз засунуть не сможет — размеры головы человека не позволят), угол, под которым он видит пространство вне станции, не может быть больше прямого угла, т.е.  $90^\circ$  (для этого надо смотреть в центр, как показано на рисунке).



Если же нарисовать в масштабе Землю и находящуюся над ней станцию (например, уменьшив радиус Земли до 6.4 см, а высоту орбиты станции до 0.4 см), то видно, что угол, под которым необходимо смотреть космонавту, чтобы увидеть Землю целиком, намного больше прямого. В принципе, достаточно понять, что этот угол заведомо больше того, который удастся получить, глядя в иллюминатор.

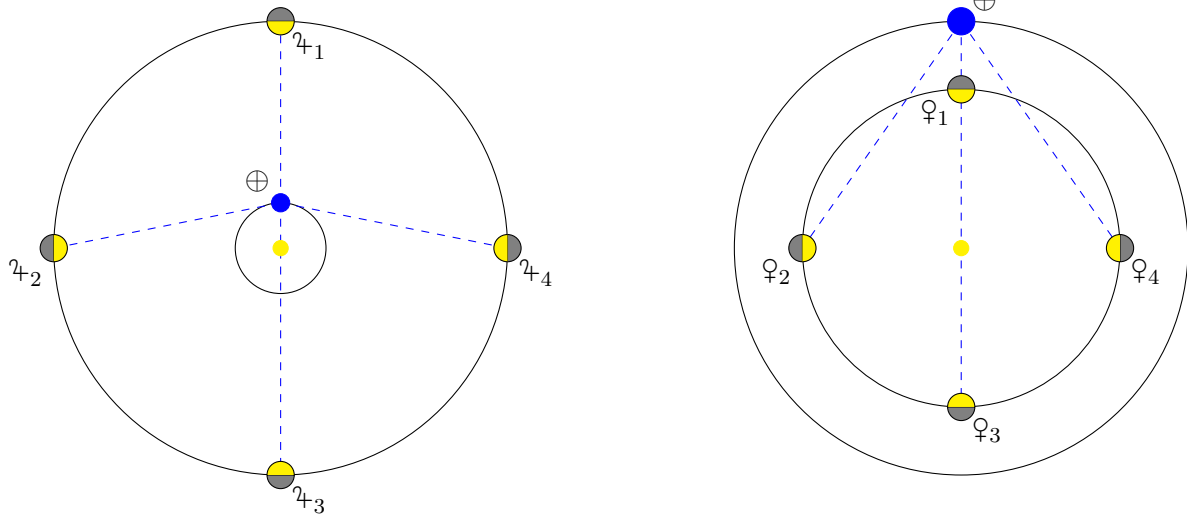


Отсюда следует, что в такой иллюминатор космонавту не удастся увидеть Землю целиком.

5. У какой из трех планет: Венеры, Юпитера и Нептуна — разница между максимальным и минимальным блеском при наблюдении с Земли самая маленькая? А самая большая? Обоснуйте свой ответ.

**Решение:**

Для того, чтобы решить задачу, нужно понять, из-за чего может меняться блеск планеты. Во-первых, мы можем видеть только часть поверхности планеты, если она определенным образом повернута к Солнцу и Земле (аналогично тому, как мы видим разные фазы Луны). Понятно, что, например, половина диска планеты будет блестеть менее ярко, чем полный диск. Однако если представить себе картину Солнечной системы, становится ясно, что изменения фаз мы можем фактически наблюдать только у планет, находящихся ближе к Солнцу, чем Земля. Более далекие мы будем видеть практически полными дисками. Отклонения от полного диска есть (например, в положениях Юпитера  $\varphi_2$  и  $\varphi_4$ ), но они очень малы и тем меньше, чем дальше планета от Солнца (если вместо орбиты Юпитера на рис.1 была бы изображена орбита Нептуна, то изображение орбиты Земли сжалось бы до размеров изображения Солнца на этом рисунке).



Значит, из трех планет, представленных в условии, первая причина изменения блеска полностью работает только для Венеры, очень слабо для Юпитера и практически совсем не работает для Нептуна.

Во-вторых, из опыта известно, что чем дальше какой-нибудь светящийся объект, тем менее ярким он кажется, т.е. его блеск уменьшается, и наоборот, чем ближе, тем более ярким, т.е. блеск увеличивается. Значит блеск планеты может изменяться из-за того, что меняется расстояние между планетой и Землей. Действительно, по мере движения планет по орбитам взаимные расстояния между ними изменяются, так как все планеты движутся вокруг Солнца с разными скоростями. Таким образом, чем сильнее меняется расстояние между Землей и планетой во время их движения по орбитам, тем больше будет изменение блеска планеты для наблюдателя с Земли. Уже глядя на рисунок выше, становится понятно, что, чем дальше планеты друг от друга, тем меньше изменение их взаимных расстояний. Проверим на примере Юпитера и Венеры. Легко показать, что минимальное расстояние между планетой и Землей будет тогда, когда они обе находятся по одну сторону от Солнца, и, следовательно, оно равно разности радиусов их орбит. Аналогично, максимальным расстояние будет тогда, когда планеты по разные стороны от Солнца, и равно оно сумме радиусов их орбит. Известно, что Юпитер находится от Солнца примерно в 5 раз дальше, чем Земля. Следовательно, минимальное расстояние между Юпитером и Землей будет равно 4 а.е. (а.е. — астрономическая единица — радиус орбиты Земли), а максимальное — 6 а.е., т.е. изменение в 1.5 раза. Венера находится ближе Земли к Солнцу примерно в 0.7 раза. Следовательно, минимальное расстояние между Землей и Венерой равно 0.3 а.е., а максимальное — 1.7 а.е., т.е. изменяется почти в 6 раз. Если проверить эту зависимость для оставшегося Нептуна, который в 30 раз дальше Земли от Солнца, то окажется, что расстояние между ним и Землей изменяется в  $31/29 \approx 1.07$  раза, т.е. всего на 7%! Следовательно, за счет изменения расстояния от Земли до планет, сильнее всего меняется блеск Венеры, затем Юпитера и самое слабое изменение наблюдается у Нептуна.

Вспомним, что планеты мы видим, благодаря отраженному ими свету Солнца. Если бы по каким-то причинам изменялось количество солнечного света, падающего на какую-нибудь планету, то изменялось бы и количество отраженного ею света. Это могло бы быть из-за того, что изменялось бы расстояние между планетой и Солнцем, но в Солнечной системе орбиты всех планет почти круговые, поэтому расстояние между планетами и Солнцем почти не меняется. Так что эта причина не работает.

Итого получаем, что благодаря как первому фактору, так и второму, разница между минимальным и максимальным блеском самая большая у Венеры, а самая минимальная — у Нептуна.

