

XXXIII Санкт-Петербургская Астрономическая олимпиада

отборочный тур, решения

2026

до 20
января

7–8 классы

1. В начале 2006 года астрономы открыли сверхскоростной пульсар, удаляющийся от центра остатка вспышки сверхновой со скоростью 1000 км/с. Какое расстояние относительно центра остатка пульсар пролетел с момента открытия? Выразите его в парсеках.

Решение:

Вычислить результат можно несколькими способами, выберем из них один, наиболее интересный.

Можно показать, что скорость $1 \text{ а.е./год} \approx 4.74 \text{ км/с}$ (например, вычислив орбитальную скорость Земли в км/с и приравняв ее к $2\pi \text{ а.е./год}$). Тогда скорость удаления пульсара оказывается равной $1000/4.74 = 211 \text{ а.е./год}$. Поскольку с момента открытия пульсара прошло 20 лет, то пролетел он $211 \cdot 20 = 4.2 \cdot 10^3 \text{ а.е.}$

Известно, что в одном парсеке примерно $2 \cdot 10^5 \text{ а.е.}$, откуда получаем результат: пульсар пролетел примерно 0.02 пк.

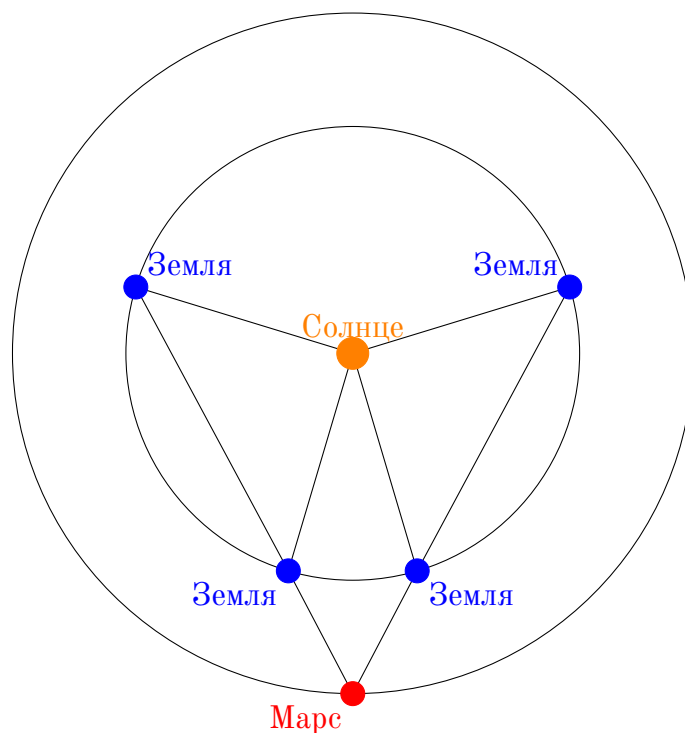
М.В.Костина

2. Для наблюдателя на экваторе Марса в какой-то момент Земля была видна в 20° от Солнца. Выберите верные утверждения.

- (a) Землю можно было наблюдать в полночь.
- (b) Расстояние от Земли до Марса в этот момент не превышало 1.4 а.е.
- (c) Если Солнце находилось в созвездии Козерога, то Земля могла находиться в созвездии Водолея.
- (d) Видимый диск Земли мог быть освещен более чем наполовину.
- (e) С Земли в этот момент Марс наблюдается в виде узкого серпа.
- (f) Для земного наблюдателя угол между направлением на Марс и Солнце может быть больше 90° .

Решение:

- (a) Нет. Земля для Марса является внутренней планетой. Поскольку она близка к Солнцу, то в полночь не наблюдается.
- (b) Нет. Возможны 4 варианта расположения Земли (см. рисунок). Видно, что в двух возможных случаях из четырех Земля находится дальше от Марса чем Солнце, то есть расстояние до Земли заведомо превышает 1.5 а.е.



- (с) Да. Водолей и Козерог — граничащие друг с другом созвездия, поэтому такое расположение вполне возможно.
- (d) Да. Из рисунка видно, что Земля может располагаться дальше от Марса, чем Солнце. При этом фазовый угол $\theta = \text{«Солнце – Земля – Марс»}$ оказывается острым, а освещенная доля поверхности (фаза), вычисляемая как

$$\Phi = \frac{1 + \cos \theta}{2},$$

оказывается больше половины.

- (е) Нет. Марс — внешняя планета для Земли, в виде узкого серпа Марс с Земли не наблюдается (в реальности он всегда освещен более чем наполовину, а минимальная фаза, равная 0.87 , наблюдается в квадратуре).
- (f) Да. Если Земля находится ближе к Марсу, чем Солнце, то угол действительно может превышать 90° , Земля находится не в элонгации.

А.В.Веселова

3. На белый карлик массой 1.3 массы Солнца от звезды-компаньона падает вещество с темпом 10^{-7} масс Солнца в год. Когда масса белого карлика достигнет 1.4 массы Солнца, он взорвется как сверхновая типа Ia. Через сколько лет это произойдет? Представьте результат в виде « 10^n лет» и запишите в качестве ответа число n .

Решение:

Карлик должен накопить 10^{-1} массы Солнца. Поскольку темп аккреции составляет 10^{-7} масс Солнца в год, сделает он это за время

$$t = \frac{10^{-1}}{10^{-7}} = 10^6 \text{ лет.}$$

Таким образом, в качестве ответа нужно записать $n = 6$ (отметим, что это число называется логарифмом по основанию 10 и обозначается как $n = \lg t$).

М.В.Костина

4. В далекой звездной системе планета земного типа обращается вокруг звезды за 400 земных суток. Вокруг планеты в плоскости орбиты планеты также по круговой орбите движется спутник, совершая полный оборот за 20 земных суток. Выберите верные утверждения.
- (a) Если год на этой планете поделен на 8 месяцев, то в каждом месяце спутник в полной фазе будет наблюдаться дважды.
 - (b) В такой системе прохождения спутника по диску звезды не наблюдаются.
 - (c) Угловой размер звезды при наблюдении с планеты может быть меньше углового размера спутника.
 - (d) Для наблюдателя на планете звезда может быть ярче, чем Солнце для Земли.
 - (e) Средняя температура на поверхности планеты обязательно будет меньше, чем средняя температура на Земле.
 - (f) Планета может относиться к типу «горячих юпитеров».

Решение:

- (a) Да. В каждом месяце будет по $400/8 = 50$ земных суток, что более чем вдвое превышает длительность периода обращения спутника вокруг планеты (даже с учетом того, что период смены фаз немного отличается от периода обращения вокруг планеты). Следовательно, каждая фаза спутника будет наблюдаться в каждом месяце по крайней мере дважды.
- (b) Нет. Поскольку орбиты планеты вокруг звезды и спутника вокруг планеты лежат в одной плоскости, то периодически спутник будет находиться на одной линии с планетой и звездой, что соответствует либо прохождению спутника по диску звезды, либо затмению спутника планетой.
- (c) Да. Например, если представить, что звезда имеет размеры и массу Солнца, планета — размеры и массу Земли, а спутник имеет размеры земной Луны, то ситуация возможна: период обращения планеты вокруг звезды больше, чем Земли вокруг Солнца, то есть планета находится дальше от звезды, чем Земля от Солнца, и видимые размеры звезды будут меньше солнечных. Спутник обладает меньшим периодом обращения, чем земная Луна, то есть находится ближе к планете и имеет большие видимые угловые размеры. Поскольку для Земли угловые размеры Луны и Солнца почти одинаковы, то в случае планетной системы угловые размеры спутника будут больше угловых размеров звезды.
- (d) Да. Допустим, что звезда является красным гигантом, ничему в условии это не противоречит. Светимость такой звезды будет на порядки выше светимости Солнца. При этом красный гигант с массой, равной массе Солнца, будет иметь радиус менее 1 а.е., а большая полуось орбиты планеты будет больше, так что внутри такого красного гиганта планета не окажется.
- (e) Нет. Если светимость звезды большая, то температура поверхности планеты может быть и выше земной.
- (f) Нет. По условию планета принадлежит к земному типу. Значит, «горячим юпитером» она быть не может.

А.В.Веселова

5. Вам предлагается несколько утверждений. Для каждого из них выберите, согласны Вы с ним («да») или нет («нет»), можно также выбрать вариант «не знаю».
- (a) В России зимой Солнце восходит на северо-востоке.
 - (b) Площадь России — величина такого же порядка, что и площадь поверхности Луны.

- (с) Если в Восточном полушарии Земли лето, то в Западном — зима.
- (d) Чем дальше планета от Солнца, тем больше времени проходит между ее противостояниями.
- (е) Галилео Галилей был первым, кто смог определить радиус Земли.
- (f) Солнечное пятно может существовать больше месяца.
- (g) Обратная сторона Луны никогда не освещается Солнцем.
- (h) Кометы могут лететь хвостом вперед.

Решение:

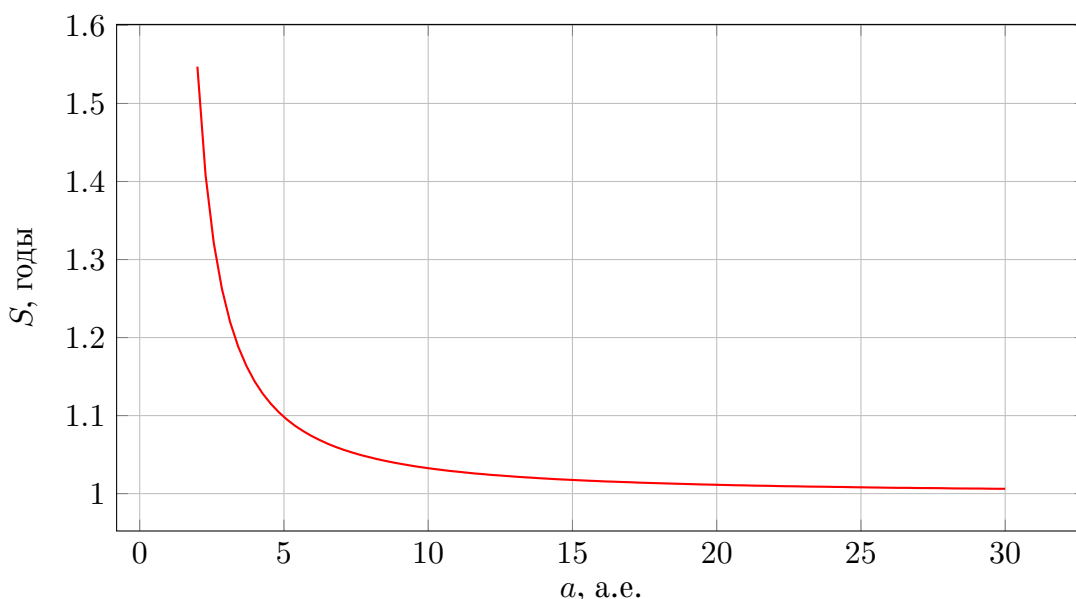
- (a) Нет. Россия находится в Северном полушарии (причем за пределами приэкваториального пояса), поэтому в полдень Солнце всегда находится на юге. Над горизонтом Солнце зимой проводит менее 12 часов, поэтому точка восхода в любом случае должна находиться южнее точки востока. Таким образом, Солнце зимой в России восходит на юго-востоке (если вообще восходит — в приполярных областях может наблюдаться полярная ночь).
- (b) Да. Площадь Луны $3.8 \cdot 10^7 \text{ км}^2$, площадь России $1.7 \cdot 10^7 \text{ км}^2$. Разница примерно в 2 раза, это один и тот же порядок.
- (с) Нет. На одной и той же широте Земли в один и тот же момент времени календарные сезоны совпадают.
- (d) Нет. Для внешних планет (а противостояния возможны только у них) противостояния будут повторяться с синодическим периодом, равным

$$S = \frac{1}{1 - \frac{1}{T}},$$

где T — сидерический период обращения планеты вокруг Солнца в годах. Поскольку сидерический период связан с большой полуосью орбиты планеты a , выраженной в астрономических единицах, как $T^2 = a^3$, можно записать вид зависимости $S = S(a)$:

$$S = \frac{1}{1 - a^{-3/2}}.$$

Построив график этой зависимости



несложно убедиться, что с удалением планеты от Солнца интервал времени между противостояниями будет уменьшаться.

- (e) Нет. Во времена Галилея радиус Земли уже был известен. Первое же его известное (и при этом достаточно точное) определение было проведено Эратосфеном Киренским примерно в 230 г. до н.э., т.е. за 18 веков до жизни Галилея.
- (f) Да. Характерное время существования крупных солнечных пятен — до 2 месяцев, а рекорд принадлежит пятну, наблюдавшемуся в 1919 году и просуществовавшему 134 дня.
- (g) Нет. Поскольку Луна — шар, в каждый момент времени половина ее поверхности освещена Солнцем. Как следствие, в те моменты, когда Луна с Земли наблюдается не в фазе полнолуния, «недостающая» до половины часть освещенной поверхности находится на обратной стороне Луны. В частности, обратная сторона Луны полностью освещена Солнцем, когда Луна для земных наблюдателей находится в новолунии.
- (h) Да. В первом приближении хвост кометы направлен от Солнца, что обусловлено давлением солнечного излучения на частицы, образующие хвост. Если при этом и сама комета удаляется от Солнца, то она будет двигаться хвостом вперед.

М.И.Волобуева, П.А.Тараканов