

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) задания. Время выполнения заданий тура 2 астрономических часа (120 минут). Максимальная оценка – 48 баллов.

Выполнение теоретических (письменных) заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание и определите, наиболее верный и полный ход решения и ответ;
- отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;
- если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением таблицы или схемы, не старайтесь чрезмерно детализировать информацию, вписывайте только те сведения или данные, которые указаны в вопросе;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности выбранных Вами ответов и решений.

Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы. Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдадите его членам жюри.

Оценивание заданий проводится по обобщенной шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угадан бинарный ответ («да» - «нет») без обоснования;

1-2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2-3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3-6 баллов – задание частично решено;

5-7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8- задание решено полностью;

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде приведена в Приложении №5 "Методических рекомендаций..."

Задание №1 (максимально 8 баллов).

Джон и Пит выполняют научную работу. Они выяснили, что в любом тепловом поясе после захода Солнца темнеет не сразу, а постепенно, так как земная атмосфера рассеивает свет Солнца, находящегося под горизонтом. Вечерние сумерки заканчиваются, и на небе появляются слабые звезды. Как Джон и Пит объяснили в работе наступление темных ночей? Рассчитайте для летнего сезона в Северном полушарии Земли - на каких географических широтах бывают совершенно темные ночи? И что это означает? Своими расчетами вы очень поможете Джону и Питу. Объяснение можно сопроводить рисунком.

Решение.

Чтобы окончательно стемнело, и на небе появились слабые звезды, должны завершиться астрономические сумерки и наступить ночь, для этого Солнцу необходимо погрузиться под горизонт на - 18° . В Северном полушарии Земли в летнее время темные ночи бывают только в южных районах, а вблизи дня летнего солнцестояния бывают лишь в местах с географической широтой $\varphi \leq 48^{\circ} 33'$.

Подтвердим расчетами. Так как склонение Солнца в день летнего солнцестояния $\delta = 23^{\circ} 27'$.

$$\varphi = 90 - \delta + h = 90 - 23^{\circ} 27' - 18^{\circ} = 48^{\circ} 33'$$

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 3,1; 3,2; 4,5.

Задание №2 (максимально 8 баллов).

Первый космонавт Юрий Алексеевич Гагарин совершил на космическом корабле “Восток-1” один оборот вокруг Земли за 108 минут. Первый астронавт Джон Гленн сделал три оборота вокруг Земли на корабле “Меркурий-Атлас-6” за 4 часа 55 минут. Кто из них находился на более высокой орбите? Орбиты считать круговыми.

Решение.

Высота орбиты связана со скоростью полёта: чем выше орбита, тем ниже скорость. Выясним, кто из них летел с меньшей скоростью, для этого вычислим время, которое на один виток вокруг Земли потратил Джон Гленн:

$$t = \frac{4ч55мин}{3} = \frac{295мин}{3} \approx 98мин$$

Юрий Гагарин летел на корабле “Восток-1” с меньшей скоростью, значит, орбита полёта была выше.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 5,1; 6,3.

Задание №3 (максимально 8 баллов).

Можно ли, находясь на объектах солнечной системы, увидеть Солнце вблизи “полярной” звезды соответствующего объекта? Как часто? Выразите в “земных” единицах времени.

Решение.

Чтобы на каком-то объекте Солнечной системы увидеть Солнце вблизи “полярной” звезды, нужно, чтобы эклиптика для наблюдателя на этом объекте проходила через ось мира или очень близко к ней. Это возможно, если ось вращения планеты лежит в плоскости её орбиты, и такой объект нам известен - планета Уран.

Эклиптику Солнце проходит за 1 “уранианский” год, значит, и Солнце оказывается вблизи полярной звезды единожды за этот период времени. В “земных” единицах это 84 года.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 4,5; 5,1.

Задание №4 (максимально 8 баллов).

Существа другой Цивилизации ищут планету для переселения. Планета, на которой они жили, получала энергию от звезды красного сверхгиганта Тоавита (так они ее называли). Размер орбиты этой планеты примерно равен размеру земной орбиты, т.е. близок к 1 астрономической единице. Звезда остывает (считаем, что это реально), и энергии не стало хватать для жизни. Выясните, опасна ли Цивилизация для землян. Для этого вам известна скорость удаления Тоавита 10000 км/с, ее видимая звездная величина 35^m . Постоянную Хаббла принять равной $H = 100 \text{ км} / (\text{с} * \text{Мпс})$.

Примечание.

Для ответа на вопрос определите расстояние до Тоавита и абсолютную звездную величину звезды.

Возможное решение:

Расстояние до звезды можно найти по формуле $D = v / H$.

$$D = 10000 \text{ км/с} / 100 \text{ км} / (\text{с} * \text{Мпс}) = 100 \text{ Мпк} = 10^8 \text{ пс}$$

Для нахождения абсолютной звездной величины звезды Тоавита, используем формулу

$$M = m + 5 - 5 \lg D.$$

Определим абсолютную звездную величину

$$M = 35 + 5 - 5 \lg 10^8 = 40 - 40 = 0^m$$

Вывод:

Абсолютная звездная величина Солнца $4,8^m$, а Тоавита 0^m , это значит, что яркость Тоавита примерно в 100 раз больше, чем у Солнца. Следовательно при одинаковом размере орбиты

(расстояния от звезды до планеты) на родной планете Цивилизации значительно (примерно в 3 раза) жарче, чем на Земле.

Таким образом, наша Солнечная система и планета Земля инопланетянам неинтересна.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 8,1; 8,2; 8,3; 8,5.

Задание №5 (максимально 8 баллов).

Почему массы сверхгигантов всего в десятки раз отличаются от масс звезд главной последовательности, ведь размеры сверхгигантов в сотни раз превышают размеры звезд главной последовательности. Ответ поясните расчетами. Вам известно, что диаметр сверхгиганта в 300 раз больше диаметра Солнца, а масса всего в 30 раз больше массы Солнца.

Возможное решение.

Самое простое объяснение состоит в том, плотность прямо пропорциональна массе и обратно пропорциональна объему или кубу радиуса. В результате плотности у сверхгигантов намного меньше, чем плотности звезд главной последовательности.

Воспользуемся данными из условия задачи. Объем шара пропорционален кубу его радиуса, поэтому объем красного сверхгиганта больше объема Солнца в 300^3 раз, по условию:

$$m_3 / m_c = \rho_3 R_3^3 / \rho_c R_c^3 = 30, \text{ отсюда } \rho_3 = (30/300^3) \rho_c.$$

Дополнительные множители в объеме ($4\pi/3$) сократятся. Так как средняя плотность Солнца $\rho_c = 1,4 \text{ г/см}^3$, то $\rho_3 = 1,4 \text{ г/см}^3 (1 / 9 \cdot 10^5) = 1,5 \times 10^{-6} \text{ г/см}^3$.

Примечание. Возможны иные варианты количественных расчетов, если конечный результат верен, то решение оценивается по максимуму.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,2; 8,5.

Задание 6. (максимально 8 баллов).

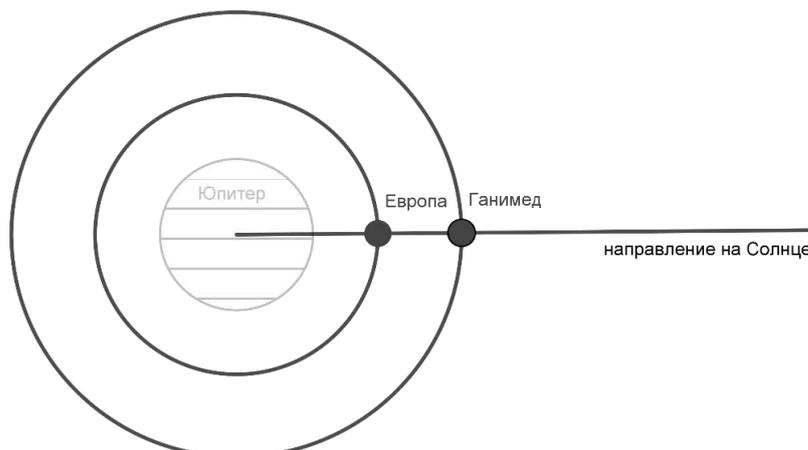
Если бы полёты к другим планетам и их спутникам были возможны, смогли бы космические путешественники наблюдать полное затмение Солнца Ганимедом, находясь на Европе?

Решение.

Условия, необходимые для полного затмения Солнца каким либо космическим телом:

- а) прохождение этого тела между Солнцем и наблюдателем (на луче зрения);
- б) угловой размер Солнца меньший, чем угловой размер затмевающего тела.

Первое условие выполняется, когда спутники находятся на своих орбитах на одной линии с Солнцем. Это может случиться при разных конфигурациях этих двух конкретных спутников. Чтобы убедиться в возможности полного затмения, рассмотрим крайний случай и расположим спутники на масштабной схеме так, чтобы они оказались максимально близко друг к другу. Если в этом положении полное затмение Солнца не произойдет, значит, оно невозможно для этих двух тел.



Сравним угловые размеры Солнца и Ганимеда для наблюдателя с Европы:

$$\delta_{\odot} = \frac{d_{\odot}}{D_{\odot}}, \quad \delta_{\Gamma} = \frac{d_{\Gamma}}{D_{\Gamma}},$$

где δ - угловой размер, d - линейный размер, D - расстояние до объекта.
Расстояние между Европой и Ганимедом равно разнице радиусов их орбит.

Условие полного затмения: $\delta_{\Gamma} \geq \delta_{\odot}$ или $\frac{\delta_{\Gamma}}{\delta_{\odot}} \geq 1$.

$$\frac{\delta_{\Gamma}}{\delta_{\odot}} = \frac{d_{\Gamma} \cdot D_{\odot}}{D_{\Gamma} \cdot d_{\odot}} = \frac{5 \text{ тыс. км} \cdot 5,2 \text{ а. е.} \cdot 150000 \text{ тыс. км}}{(1070 \text{ тыс. км} - 671 \text{ тыс. км}) \cdot 1393 \text{ тыс. км}} \approx 7 \text{ (раз)}$$

Расстояние от Европы до Солнца посчитали равным расстоянию от Юпитера до Солнца.
Угловой размер Ганимеда в 7 раз больше размера Солнца для наблюдателя на Европе,
значит, полное солнечное затмение возможно.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 4,1.