Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2017-2018 учебный год
11 класс

Продолжительность олимпиады: 180 минут. Максимально возможное количество баллов: 35

Задание 1. Найдите лишний объект. **(2 балла)**

Лишний Альдебаран - красный гигант (спектральный класс K5). Все остальные звезды - белого цвета (спектральные классы от B8 до A2.)

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
2	Полное верное решение
1	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 2. Продолжительность дня в Абакане. **(3 балла)**

Продолжительность дня определяется средним склонением Солнца в течение дня. В окрестности 21 марта склонение Солнца увеличивается со временем, поэтому день будет длиннее там, где 21 марта наступит позже. Владивосток находится восточнее Абакана, поэтому продолжительность дня 21 марта в Абакане будет больше.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
3	Полное верное решение
2	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 3. Размер планеты. **(4 балла)**

Количество энергии, получаемое планетой от Солнца, обратно пропорционально квадрату расстояния между Солнцем и планетой и прямо пропорционально площади планеты. Плутон находится примерно в 100 раз дальше чем Меркурий, следовательно, площадь планеты должна быть в $100^2 = 10^4$ раз больше площади Меркурия, а радиус больше в 100 раз. Радиус Меркурия примерно равен $2.5 \cdot 10^3$ км, так что радиус гипотетической планеты должен быть равен примерно $2.5 \cdot 10^5$ км, то есть 250 тыс. км.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
4	Полное верное решение
3	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
2	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).

0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 4. Звёзды. **(8 баллов)**

Чтобы решить эту задачу, необходимо знать, что звездные величины нельзя складывать. Складываются только освещенности, создаваемые светилами на Земле. Поэтому, чтобы сосчитать количество звезд, необходимо от звездных величин перейти к освещенностям. Связь между звездной величиной m и освещенностью E выражается формулами: $m = -2{,}5\lg(E) + const$ или $E = 10^{0.4\cdot(const-m)}$. Так как по условию некоторое количество "Канопусов" должны светить как полная Луна, должно выполняться соотношение $E = N \cdot E_{Can}$, где значок относится к Луне, Can - к Канопусу, а N - искомое число звезд. Тогда

$$N = \frac{E}{E_{Can}} = \frac{10^{0.4\cdot(const-m)}}{10^{0.4\cdot(const-m_{Can})}} = 10^{0.4\cdot(m_{Can}-m)} = 10^{0.4\cdot(-1-(-12.7))} \approx 10^{4.7} \approx 5\cdot 10^4$$

Так что требу**ется** собрать вместе $5\cdot 10^4$ звезд минус первой величины, чтобы они светили как полная Луна.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
8	Полное верное решение
6-7	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
4-5	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
3	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задание 5. Время падения. **(8 баллов)**

Время падения на Солнце (или на любой другой объект в подобных условиях) легче всего получить, если считать, что падение происходит по так называемому "вырожденному" эллипсу - эллипсу с нулевой малой полуосью (т.е. просто отрезку прямой). Тогда расстояние от начальной точки падения до Солнца будет равно большой оси этого эллипса, а время падения - половине периода обращения по такому эллипсу.

Для вычисления периода нужно воспользоваться III законом Кеплера: $P^2 = a^3$, где a - большая полуось эллипса в астрономических единицах, а P- период обращения в годах. В данном случае $a = 0.5$ а.е., следовательно, период $P = a^{3/2} = 0.5^{3/2} \approx 0.35$ года, около 130 дней, т.е. время падения (равное половине периода) составит около 2 месяцев. Учитывать то, что Солнце - не материальная точка, очевидно бессмысленно, поскольку радиус Солнца примерно в 200 раз меньше расстояния от Земли до Солнца.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
8	Полное верное решение
6-7	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
4-5	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
3	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.

0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

Задача 6. Спутник. **(10 баллов)**

Плотность астероида можно определить, пользуясь стандартным соотношением $\rho = M/V$, где М масса астероида. V его объём. Считая астероид шаром радиусом R, имеем $V = \frac{4\pi R^3}{3}$. Таким образом, для определения плотности астероида необходимо определить его массу М. Для этого рассмотрим систему «астероид спутник». На спутник с массой т в поле силы тяжести астероида действует сила $F = G\frac{Mm}{r^2}$,

Где $G = 6{,}67\cdot 10^{-11} Н\cdot м^2 кг^{-2}$ — гравитационная постоянная, r - расстояние между центрами астероида и спутника (совпадает с радиусом орбиты спутника). С другой стороны, дня спутника, вращающегося по круговой орбите радиусом r , II закон Ньютона даёт $F = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$

Здесь мы учли, что центростремительное ускорение $à_ц$ спутника равно $à_ц = \frac{\upsilon^2}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \cdot \frac{1}{r} = \frac{4\pi^2}{T^2} r$, где υ — скорость движения спутника по круговой орбите радиусом r , Т- период обращения спутника.

Приравнивая два записанных выше выражения для силы F. Получим $\frac{r^3}{T^2 M} = \frac{G}{4\pi^2}$,

В принципе, это выражение можно было записать сразу (оно автоматически получается из III обобщённого закона Кеплера, если положить m<<M).

Выражая из него массу астероида М и подставляя в $\rho = \frac{M}{V}$, получим окончательно:

$$\rho = \frac{3\pi}{GT^2}\left(\frac{r}{R}\right)^3 = \frac{3\pi}{6.67\cdot 10^{-11}\cdot (4.7\cdot 24\cdot 3600)^2}\cdot\left(\frac{1190}{107.5}\right)^3 \approx 1160\frac{кг}{м^3}$$

Плотность астероида оказалась ненамного больше плотности воды. Такой астероид может иметь пористое строение либо состоять из водяного льда с небольшой примесью камней.

Критерии оценивания:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8-9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.