

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
10 -11 классы**

**Критерии оценивания и возможные решения**

1. В таблице представлены звёзды и их характеристики: размер и температура. Укажите, к каким спектральным классам принадлежат эти звёзды. Составьте таблицу соответствия.

Название	Звезда		Спектральные классы
	Радиус, $R_{\text{Солнца}}$	Температура поверхности, К	
А) Спика	4,0	18500	1)А
Б) Ригель	138	11200	2)В
В) Сириус А	2,0	9250	3)F
Г) Бетельгейзе	900	3100	4) G
Д) Капелла	2,5	5200	5) М
Е) Денеб	210	8550	
Ж) Садр	255	6500	
З) Эльнат	4,2	14000	

**Решение**

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
2	2	1	5	4	1	3	2

*(Критерии оценивания: по 1 баллу за каждый правильный ответ. Всего 8 баллов).*

2. Экспериментатор Плюк готовит зонд – аэростат для исследования атмосферы Венеры. Какой газ он может использовать для наполнения баллона аэростата: водород, гелий, азот, водяной пар, углекислый газ? (8 баллов)

Возможное решение

Атмосфера Венеры состоит почти из чистого углекислого газа. (+1 балл). Поэтому углекислый газ не будет обладать там подъемной силой. (+1 балл).

Азот также весьма тяжел: его молярная масса равна 28 г/моль и составляет 2/3 от молярной массы атмосферы (44 кг/моль). (+1 балла)

Водород и гелий трудно хранить, поскольку они сжижаются при крайне низкой температуре. К тому же они очень летучи (особенно водород), поэтому быстро покидают оболочку аэростата. (+1 балла)

Среди перечисленных газов наиболее приемлемым для аэростатов, предназначенных к полету на уровне облаков Венеры в области комнатных температур является гелий. Он и был использован в 1985 г. для заполнения аэростатных зондов «Вега-1», «Вега-2», в течение нескольких дней дрейфовавших в атмосфере Венеры. (+2 балла)

Однако в более низких слоях атмосферы, под нижней кромкой облаков, где температура превышает 100 ° С, более выгодным наполнителем баллона аэростата может быть водяной пар. Его подъемная сила весьма велика (молярная масса = 18 г/моль). А точка кипения воды в атмосфере Венеры находится на высоте около 43 км, где  $T = 140-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давление  $P = 3-4\text{ атм}$ . Транспортировка воды не представляет проблем, а ее способность закипать при указанных условиях автоматически обеспечит полет аэростата вблизи нижней кромки облаков. (+2 балла)

3. Астероид правильной шарообразной формы разделился на две равные части тоже в форме шара. Как изменился их суммарный блеск по сравнению с блеском исходного астероида? Выразить в звездных величинах. (8 баллов)

Возможное решение

Поток отраженного света увеличится пропорционально возросшей суммарной площади. (+2 балла)

Радиус каждого куска составил  $0,5^{1/3}$  радиуса исходного астероида, и площадь поверхности, соответственно  $0,5^{2/3}$ . (+2 балла)

Полная площадь двух кусков возросла по сравнению с исходной в

$$2(0,5^{2/3}) = 2^{1/3} = 1,26 \text{ раза. (+2 балла)}$$

В звездных величинах это составляет

$$2,5 \lg(1,26) = 0,25^m \text{ (+2 балла)}$$

4. С поверхности Земли стартует ракета. Она удаляется от Земли по вертикальной траектории с постоянным ускорением  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Как меняется вес тел в ракете по мере удаления ее от Земли на бесконечно большое расстояние? (8 баллов)

Возможное решение

Пусть  $F_T$  – сила притяжения тела к Земле. Вес  $P$  – это сила, с которой тело давит на опору. С такой же по величине силой опора давит на тело (по третьему закону Ньютона). Обозначим эту силу через  $N$ . Таким образом  $N = P$  (+1 балл)

Тело движется вверх вместе с ракетой с ускорением  $g$  и, следовательно,  $F_2$  – равнодействующая всех действующих на него сил равна  $mg$ . (+1 балл)

В проекциях на направление движения ракеты (т.е. вверх) уравнение второго закона Ньютона примет вид  $F_2 = F_T + N$ . (+2 балла)

Тогда  $N = F_2 - F_T$ , где  $F_2 = mg$  и  $F_T = -mg$ . Отсюда  $N = 2mg$ . Таким образом, у поверхности Земли вес тела  $P = 2mg$ .

Согласно закону всемирного тяготения с удалением от Земли сила притяжения  $F_T$  уменьшается, приближаясь к нулю. (+2 балла)

В предельном случае при  $F_T = 0$  и  $N = F_2$  вес тела будет равен  $mg$ . Итак, вес тела убывает от  $2mg$  у поверхности Земли до  $mg$  на бесконечности. (+2 балла)

5. Астероид «Лунатик» диаметром 900 км был захвачен гравитационным полем и вышел на круговую орбиту вокруг Земли. С каким периодом он должен вращаться, если для наблюдателей с поверхности Земли он иногда затмевал Солнце?

Возможное решение

Для того чтобы астероид «Лунатик» затмевал Солнце, его угловой диаметр должен быть не меньше углового диаметра Солнца, т.е.  $30'$ . (+1 балл)

Рассмотрим предельный случай, когда угловые диаметры совпадают, и определим радиус орбиты «Лунатика».

Выразим угловой диаметр «Лунатика» в радианах:

$$\varphi = \frac{30}{60} \cdot \frac{\pi}{180} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (+2 балла)}$$

Тогда диаметр астероида  $D = \varphi R$ ,

$$R = \frac{D}{\varphi} = \frac{900}{9 \cdot 10^{-3}} = 10^5 \text{ км. (+2 балла)}$$

По III закону Кеплера, т.к. угловой радиус Луны приблизительно равен угловому радиусу Солнца, то для «Лунатика» и Луны выполняется соотношение:

$$\frac{T_k^2}{T_L^2} = \frac{R^3}{R_L^3} \cdot (+2 \text{ балла})$$

$$\text{Тогда } T_k = T_L \cdot \sqrt{\frac{R^3}{R_L^3}} = 27,3 \sqrt{\frac{900}{3400}} = 3,7 \text{ (сут)} (+1 \text{ балл})$$

2. Художник нарисовал картину, на которой над полной Луной протянулась комета, выгнувшись от головы до кончика хвоста, как бровь над глазом. Оцените эту картину с точки зрения астрономии.

#### Возможное решение

Во-первых, рядом с полной Луной кометы не видны — слишком велика засветка неба. (+3 балла)

Во-вторых, если перед нами полная Луна, то Солнце у нас за спиной. Значит, хвост кометы должен быть обращен от нас, а не поперек нашего луча зрения. (+3 балла).

В-третьих, комета в таком положении находится на расстоянии более 1 а. е. от Солнца, где кометы редко бывают яркими. (+2 балла)

В целом, очевидно, что научные знания не сдерживали полета фантазии художника.

Альтернативные способы решения задач, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности также оцениваются в полной мере. Ниже представлена общая схема оценивания решений.

- 0 баллов - решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл - правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балл - сделана попытка решения, не давшая результата;
- 2-3 балла - правильно угадан сложный ответ, но его обоснование отсутствует или ошибочно;
- 4-6 баллов - частично решенная задача;
- 6-7 баллов - полностью решенная задача с более или менее значительными недочетами;
- 8 баллов - полностью решенная задача.

Выставление премиальных баллов (оценка за задание более 8 баллов) не допускается