

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ 2017–2018 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
10 класс



Ответы и критерии оценивания

Задача 1

Как-то в середине осени начинающий художник сразу после захода Солнца сделал набросок картины «Осень в Подмосковье», нарисовав с натуры линию горизонта, несколько элементов пейзажа и положения Венеры и Сатурна (цифры 1 и 2 на рисунке), видимых на небе в это время. Через несколько месяцев он вернулся к работе и нарисовал на наброске своё любимое созвездие.

- 1) Под каким номером на рисунке изображена Венера, а под каким Сатурн? Объясните ваш выбор.
- 2) Как называется любимое созвездие художника? Какие ошибки он допустил, поместив его на свой набросок?



Ответ:

1) Планета №1 – Сатурн, планета №2 – Венера. Выбор можно объяснить так: как известно, Венера на земном небе не удаляется от Солнца далеко (больше, чем на 48°). Поскольку положение планет было обозначено в середине осени, то есть в момент времени достаточно близкий ко дню равноденствия, значит, Солнце зашло примерно у точки запада. Получается, что планета №1 находится от него на расстоянии около 90° . Следовательно, это Сатурн, т.к. по условию мы должны выбрать из двух планет - Сатурна и Венеры.

2) Созвездие – Орион.

3) Ошибки, допущенные художником:

- осенью Орион не может наблюдаться в западной части горизонта сразу после захода Солнца;
- слишком большой размер созвездия;
- созвездие должно быть повернуто по часовой стрелке примерно на 30 градусов от указанного на рисунке положения;
- планеты не могут находиться под созвездием Ориона;
- видно слишком много звёзд в созвездии на еще ярком фоне вечернего неба.

Критерии оценивания:

- за верное указание планет **+4 балла** при условии верного объяснения (*оно может быть короче авторского или более упрощённым, например: Венера - внутренняя планета и не может удаляться от Солнца так далеко, как Сатурн*);
- за верное указание созвездия **+2 балла**;
- за верное указание любой ошибки **по 1 баллу** (но не более **8 баллов** в сумме за задачу).

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 2

Выберите верные утверждения.

- 1) Скорость движения Земли по орбите больше, чем скорость Меркурия.
- 2) Самой горячей частью атмосферы Солнца является солнечная корона.
- 3) Кольца есть только у двух планет Солнечной системы.
- 4) Серебристые облака являются самыми высокими облаками в земной атмосфере.
- 5) Кассиопея – экваториальное созвездие.
- 6) Луна – самый крупный спутник в Солнечной системе.
- 7) Юпитер – самая большая планета Солнечной системы.
- 8) Сириус ярче Полярной звезды.

Ответ: Верные утверждения №2, 4, 7, 8.

Критерии оценивания:

За каждое верное утверждение **по 2 балла**, за каждое неверное - **минус 2 балла**.
Суммарная оценка не может быть меньше 0.

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 3

Выберите из списка четыре звезды, которые будут видны (т.е. будут находиться над горизонтом) в 20 часов по московскому времени в Москве в день проведения олимпиады при условии хорошей погоды.

- 1) Полярная звезда (созвездие Малой Медведицы)
- 2) Альдебаран (созвездие Тельца)
- 3) Сириус (созвездие Большого Пса)
- 4) Регул (созвездие Льва)
- 5) Мицар (созвездие Большой Медведицы)
- 6) Канопус (созвездие Киля)
- 7) Шедар (созвездие Кассиопеи)
- 8) Ахернар (созвездие Эридана)

Ответ: Полярная звезда, Альдебаран, Мицар, Шедар.

Примечание (для справки - не требуется указывать при ответе): большинство звёзд можно выбрать по созвездию, в котором они находятся, – Малая Медведица, Кассиопея и Большая Медведица являются незаходящими на широте Москвы. Киль, напротив, никогда не восходит. Часть созвездия Эридана в Москве видно, но Ахернар находится далеко в южной полусфере и также не появляется над горизонтом в Москве. Сириус и Регул в Москве восходят, но период их вечерней видимости начинается позже.

Критерии оценивания:

За каждую верно указанную звезду **по 2 балла** (*обоснование или объяснение не требуется*), за каждую неверную - **минус 2 балла**.

Отрицательная оценка не ставится (выставляется 0 баллов за задачу).

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 4

Определите угловое расстояние (с точностью до нескольких угловых минут) между Геммой (α Северной Короны) и Ункалхаи (α Змеи), между Вегой и Луной, между Феркадом (γ Малой Медведицы) и Мирфаком (α Персея), если известны их координаты:

- 1) Гемма (азимут $A_1=169^\circ$, высота $h_1=59^\circ$), Ункалхаи (азимут $A_2=169^\circ$, высота $h_2=41^\circ$)
- 2) Вега (азимут $A_3=90^\circ$, высота $h_3=49^\circ$), Луна (азимут $A_4=270^\circ$, высота $h_4=11^\circ$)
- 3) Феркад (прямое восхождение $\alpha_1=15^h20^m$, склонение $\delta_1=71^\circ46'$), Мирфак (прямое восхождение $\alpha_2=3^h24^m$, склонение $\delta_2=49^\circ51'$).

Объясните, как Вы нашли угловое расстояние в каждом случае.

Решение:

Если внимательно посмотреть на координаты пар объектов из условия задачи, то можно заметить, что во всех случаях пары объектов находятся на большом круге: у первой пары совпадают азимуты $A_1=A_2$, у второй - азимуты отличаются на $A_4-A_3=180^\circ$, звёзды третьей пары находятся почти на одном круге склонения (прямые восхождения у звёзд отличаются примерно на $\alpha_1-\alpha_2\approx 12^h$).

Поэтому для вычисления угловых расстояний достаточно вычислить, на сколько отстоят друг от друга объекты по соответствующим большим кругам:

- 1) $h_1-h_2=18^\circ$
- 2) $(90^\circ-h_3)+(90^\circ-h_4)=41^\circ+75^\circ=120^\circ$
- 3) $(90^\circ-\delta_1)+(90^\circ-\delta_2)=18^\circ14'+40^\circ09'\approx 58^\circ23'$

Ответ: 1) 18° ; 2) 120° ; 3) $\approx 58^\circ23'$

Критерии оценивания (обратите внимание, что числа в условии этой задачи различаются в разных классах):

- за верно вычисленное угловое расстояние для первой пары **+3 балла**;
- за верно вычисленное угловое расстояние для второй пары **+3 балла**;
- за верно вычисленное угловое расстояние для третьей пары **+2 балла**.

Оценка **снижается на 1 балл** для каждой пары, если не приведено обоснование (т.е. не сказано о совпадении азимутов, либо об отличии координат на 180° градусов).

За каждую арифметическую ошибку оценка **снижается на 1 балл** (т.е. при условии верного обоснования и верного хода вычислений ставится указанный выше балл **минус 1 балл**; если в качестве решения приведён только неверный ответ, то в случае ошибки оценка за такую пару звёзд не выставляется).

Не обязательно указывать, что в случае №3 ответ примерный.

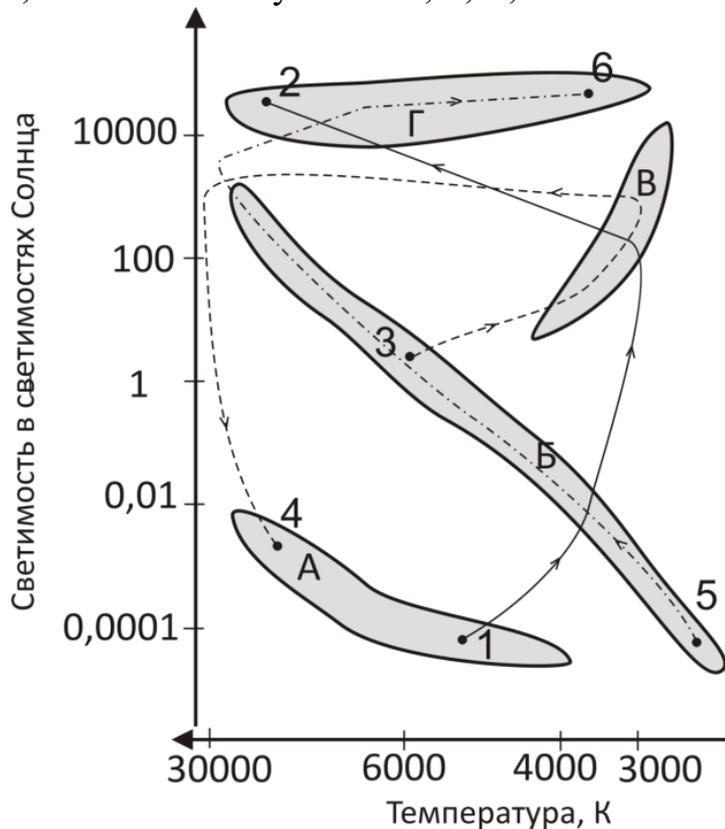
Допускается использование формулы из сферической тригонометрии при условии получения ответа, близкого к указанному выше (ответы №1 и №2 должны совпадать с авторскими, ответ №3 может отличаться не более чем на 1-2').

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 5

На рисунке приведена диаграмма температура-светимость (диаграмма Герцшпрунга-Рессела), на которой схематически обозначено положение основных классов звёзд и приведены 3 эволюционных трека (т.е. последовательность положений одной звезды за время её жизни).

- 1) Выберите из треков те, которые соответствуют действительности (в ответе укажите номера начальной и конечной точек трека, т.е. 1-2, 3-4, 5-6).
- 2) Подпишите названия классов звёзд, соответствующих областям на диаграмме, помеченным буквами А, Б, В, Г.



Ответ: 1) Правильный трек только один: 3-4;
2) классы звёзд: А – белые карлики, Б – главная последовательность, В – красные гиганты, Г – сверхгиганты.

Критерии оценивания:

- если указан только верный трек +4 балла;
- если указан верный трек и один неверный +2 балла;
- если указаны все треки или указаны только ошибочные варианты - 0 баллов;
- за каждый верно названный класс звёзд +1 балл;
- за каждый неверно названный класс звёзд – минус 1 балл.

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 6

Общая масса пыли в некоторой спиральной галактике, похожей на нашу, $M = 10^8 M_{\text{Солнца}}$. Примерные размеры галактики таковы: диаметр диска $d = 30$ кпк, толщина диска $h = 400$ пк, характерный диаметр гало $D_g = 100$ кпк, а диаметра балджа – $D_b = 1$ кпк. Определите для всего объёма диска среднюю концентрацию n (в единицах «число частиц/м³») и среднюю плотность ρ (в единицах кг/м³) пыли. Для справки: $1 M_{\text{Солнца}} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, средний радиус пылинки $a = 0,1$ мкм, а плотность её вещества $\rho = 3000$ кг/м³, 1 пк $= 3,08 \cdot 10^{16}$ м.

Решение:

Прежде всего, отметим, что в спиральных галактиках вся пыль сосредоточена в диске (причём только в тонком слое вблизи его плоскости, но это допустимо не знать и при решении не использовать), а в гало и балдже её нет совсем (при этом пыль концентрируется к центральной плоскости диска, но т.к. в условии нас просят найти среднюю по диску концентрацию, то мы этого учитывать не будем). Значит, нам надо найти объём диска галактики:

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h = 3,14 \times 15000^2 \times 400 = 2,83 \times 10^{11} \text{ пк}^3$$

Или в единицах СИ:

$$V = 2,83 \times 10^{11} \times (3,08 \times 10^{16})^3 = 8,27 \times 10^{60} \text{ м}^3$$

Средняя по всему объёму диска плотность пыли будет равна

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{10^8 \times 2 \times 10^{30}}{8,27 \times 10^{60}} = 2,4 \times 10^{-23} \text{ кг/м}^3$$

Вычислим количество пылинок массой m каждая с суммарной массой $M = 10^8 M_{\text{Солнца}}$:

$$N = \frac{M}{m} = \frac{M}{\rho \times \frac{4}{3} \pi a^3} = \frac{10^8 \times 2 \times 10^{30}}{3000 \times \frac{4}{3} \pi \times (10^{-7})^3} = \frac{2 \times 10^{38}}{1,26 \times 10^{-17}} = 1,59 \times 10^{55} \text{ шт.}$$

А значит, концентрация пылинок будет равна

$$n = \frac{N}{V} \approx 2 \times 10^{-6} \text{ м}^{-3}$$

Ответ: $n \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$; $\rho \approx 2,4 \cdot 10^{-23} \text{ кг/м}^3$

Критерии оценивания (обратите внимание, что числа в условии этой задачи различаются в разных классах):

- за обоснование того, что надо рассматривать лишь диск галактики (или только тонкий слой в диске, если участник знает об этой особенности), **+2 балла**;
- за вычисление объёма диска галактики (вне зависимости от того, было ли обосновано ли это ранее) или объёма только пылевого слоя (для этого участник должен ввести толщину пылевого слоя в галактике (верное значение не может быть больше 400 пк), тогда ответ будет отличаться от авторского в L/h раз, где L - принятая участником толщина пылевого слоя; во столько же раз будут отличаться и остальные величины) **+2 балла**;
- за вычисление средней плотности пыли **+2 балла**;
- за вычисление средней концентрации пыли **+2 балла**;

В случае арифметической ошибки, не приведшей к физически (или астрономически) некорректному результату – **минус 1 балл** за каждую; если ошибка привела к конечному отклонению ответа на много порядков величины, то за соответствующий этап вычислений ставится **0 баллов**, но следующие этапы решения за эту ошибку не наказываются (т.е. ошибка в вычислении объёма не должна влиять на оценку за вычисление концентрации при условии верных действий или формул – ответ, конечно, уже не будет правильным);

В случае, если участник, не зная, что пыль содержится только в диске галактики, вычисляет объём гало или балджа галактики, задача оценивается из общей оценки **4 балла** (т.е. баллы за 1-2 пункты не выставляются).

Максимум за задачу – 8 баллов.

Всего за работу – 48 баллов.
