

Астрономия, 11 класс, муниципальный этап

Общие рекомендации для членов жюри

1. Решение каждой задачи предлагается оценивать по **8-бальной** системе. Максимальное количество баллов присуждается только при наличии объяснения полученного результата.
2. При проверке работ несколькими членами жюри целесообразно распределить задачи между проверяющими так, чтобы одну задачу проверял только один член жюри. Это позволяет сохранить объективность проверки.
3. Организатор олимпиады должен предоставить участнику дополнительные данные, необходимые для получения численного результата в соответствии с содержанием текстов заданий.
4. При численных расчетах необходимо соблюдать правила действия с приближенными величинами.

Решения

Задание 1.

В указанное время года Солнца пребывает в созвездии Девы. (Можно сделать такой же вывод, соединив отрезками прямых наиболее яркие 4 звезды, расположенные в центре рисунка, Затем, самую нижнюю «центральную» звезду надо соединить отрезком прямой с самой яркой звездой, расположенной внизу рисунка). Самая яркая звезда на рисунке – Спика.

Ответ: Дева. Спика.

Рекомендации для жюри:

Установление факта, что Солнце в указанное время года находится в созвездии Девы, оценивается в 4 балла.

Определение названия самой яркой звезды повышает оценку еще на 4 балла.

При выборе другого созвездия ставится не более 1 балла.

При выборе другой звезды, ставится не более 1 балла.

Задание 2.

В полночь Солнце находится в нижней кульминации и движется почти параллельно плоскости математического горизонта (на малом интервале времени), поэтому его угловая высота изменяется медленно. 1 сентября вечером Солнце находится вблизи точки запада, и оно движется на небесной сфере (вследствие суточного вращения Земли) под углом к горизонту. (Для широты 57° угол между плоскостями небесного экватора и математического горизонта в день осеннего равноденствия при заходе Солнца составляет 33°). Отсюда вытекает, что угловая высота Солнца быстрее изменяется вечером 1 сентября, чем в полночь 12 июня.

Ответ: В полночь Солнце для земного наблюдателя движется почти параллельно плоскости математического горизонта (на малом интервале времени), а 1 сентября вечером Солнце на небесной сфере движется под углом к горизонту.

Рекомендации для жюри:

Установление характера видимого движения Солнца в нижней кульминации и при его заходе оценивается по 3 балла.

Оценка угла между плоскостями небесного экватора и математического горизонта для средней полосы России увеличивает оценку на 2 балла.

Задание 3.

Форму орбиты кометы вблизи Юпитера определим с помощью закона сохранения энергии (интеграла энергии)

$$V^2 = GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right).$$

или

$$\frac{1}{a} = \frac{2}{r} - \frac{V^2}{GM}.$$

Здесь $r = R_{Ю} = 71492$ км – радиус Юпитера.

$M = M_{Ю} = 1.899 \cdot 10^{27}$ кг – масса Юпитера.

$G = 6.672 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²) – гравитационная постоянная.

Используя приведенные числовые значения в системе СИ, получим

$$\frac{1}{a} = \frac{2}{71492 \cdot 10^3} - \frac{71000^2}{6.672 \cdot 10^{-11} \cdot 1.899 \cdot 10^{27}} = -1.1811 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1} < 0.$$

Поскольку большая полуось орбиты является отрицательной, то форма орбиты кометы – гипербола.

Ответ: Гипербола.

Рекомендации для жюри:

Указание на закон сохранения механической энергии дает 2 балла.

Вывод выражения для определения большой полуоси орбиты кометы – 2 балла.

Верные вычисления (a) или (1/a) повышают оценку на 2 балла.

Установление формы орбиты кометы вблизи Юпитера добавляет к общей оценке еще 2 балла.

Если форма орбиты кометы устанавливается из условия, что скорость кометы вблизи Юпитера больше параболической (59.535 км/с), то общая оценка не превышает 4 баллов.

Задание 4.

Предполагая, что освещенность (E), создаваемая на Земле Луной, пропорциональна видимой площади Луны (S)

$$E \sim S,$$

учитывая формулу Погсона, получим,

$$\lg \frac{S_{Л}}{S_{М}} = 0.4 \cdot (m_{М} - m_{Л}).$$

Здесь $S_{Л}$ – площадь диска «полной» Луны, $S_{М}$ – площадь диска Луны, частично освещенной Солнцем, а создаваемая частью Луны освещенность соответствует освещенности, создаваемой Марсом.

Из приведенного соотношения находим

$$\frac{S_{Л}}{S_{М}} = 10^{0.4(m_{М} - m_{Л})}.$$

Подставляя числовые значения используемых величин, найдем

$$\frac{S_{М}}{S_{Л}} = 10^{-4}.$$

Ответ: 0.0001.

Рекомендации для жюри:

Установление связи между освещенностью, создаваемой Луной и площадью лунного диска дает 2 балла.

Применение формулы Погсона увеличивает оценку на 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку еще на 4 балла.

Задание 5.

Определим полную энергию E , которую необходимо извлечь $E=mc^2$.

Здесь

$m = 1.898 \cdot 10^{27}$ кг – масса Юпитера, $c = 2.998 \cdot 10^8$ м/с – скорость света.

Светимость Солнца $L = 3.88 \cdot 10^{26}$ Вт.

Млечный Путь (наша Галактика) содержит $N_0 = 200 \cdot 10^9$ звезд, подобных Солнцу.

Тогда

$$N = \frac{mc^2}{N_0 L t}$$

Подставим числовые значения

$$N = \frac{1.899 \cdot 10^{27} \cdot (2.988 \cdot 10^8)^2}{200 \cdot 10^9 \cdot 3.88^{26}} = 2.2 \cdot 10^6$$

Ответ: $2.19951 \cdot 10^6 \approx 2.2 \cdot 10^6$. (В настоящее время такое путешествие невозможно совершить).

Рекомендации для жюри:

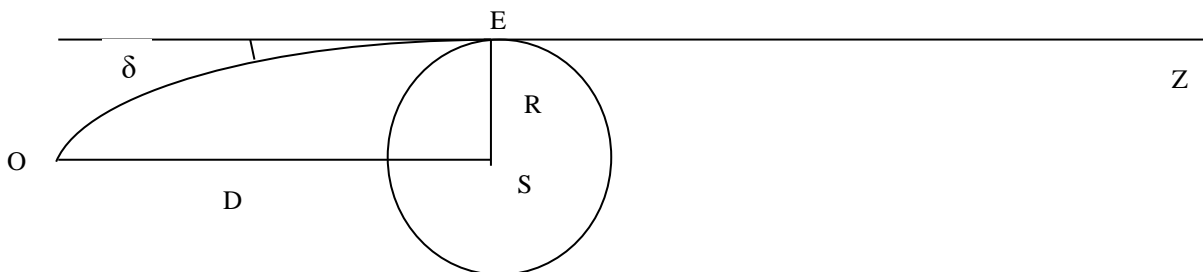
Указание на формулу для вычисления полной энергии объекта с массой Юпитера дает 2 балла.

Оценка числа звезд в нашей Галактике (Млечном Пути) дает еще 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку на 4 балла.

Задание 6.

Расстояние D от Солнца до обсерватории O соответствует минимальному фокусному расстоянию рассматриваемой гравитационной линзы. Эти расстояния соответствуют значению $b = 1$ (луч света от далекой звезды касается «поверхности» Солнца, см. рисунок).



Кривые EO и ZE будем аппроксимировать отрезками прямых EO и ZE (угол δ – малая величина), тогда

$$D \approx \frac{R}{\sin \delta}$$

При $b = 1$, $\delta = 1.75''$, $R = 695000$ км (радиус Солнца), найдем

$$D = \frac{695000}{1.75''} \text{ км} = \frac{695000 \cdot 206265}{1.75 \cdot 1.496 \cdot 10^8} \text{ а.е.} = 547.57 \text{ а.е.}$$

(Примечание. Существует проект размещения такой обсерватории – для поиска внеземных цивилизаций – на расстоянии порядка 1000 а.е. от Солнца).

Ответ: 547.57 а.е.

Рекомендации для жюри:

Рисунок оценивается в 2 балла.

Выбор значения $b = 1$ повышает оценку на 2 балла.

Вывод формулы для величины D дает 2 балла.

Правильные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.