

Астрономия, 9 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 выполнении заданий участнику разрешается пользоваться калькулятором.
5. При численных расчетах необходимо соблюдать правила действия с приближенными величинами.
6. Итоговый результат каждой работы рекомендуется представлять как сумму всех баллов, набранных участниками олимпиады за все задачи.

Общая схема оценивания решений:

- 0 баллов – решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балла – 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.

Решения

Задание 1.

Болидная сеть США регистрирует болиды, которые по блеску ярче Венеры. Число наблюдений таких болидов в декабре 2017 года изменялось от нескольких болидов в сутки до нескольких сотен болидов в сутки. С каким явлением связано увеличение числа зарегистрированных болидов. В какой декаде декабря было зарегистрировано максимальное число болидов в сутки?

Решение:

Увеличение числа болидов, наиболее вероятно, связано с максимумом метеорного потока Геминиды. Этот поток действует с 05 декабря по 18 декабря. Его максимум приходится на 13 декабря.

Ответ: Проявление метеорного потока Геминиды.

Вторая декада декабря.

Рекомендации для жюри:

Ссылка на метеорный поток Геминиды дает 4 балла.

Указание на его активность во второй декаде декабря повышает оценку еще на 4 балла.

Ответ без объяснения дает не более 2 баллов.

Указание на метеорный поток без его названия дает 3 балла.

Задание 2.

17 августа 2017 года в 12 час 41 мин 04,44 всемирного времени три гравитационно-волновые антенны, расположенные в США и Италии, зарегистрировали столкновение двух нейтронных звезд, произошедшее на расстоянии 120 млн. световых лет от Земли. «Оболочка» из вещества звезд после взрыва разлетелась со скоростью, соответствующей второй космической скорости на поверхности нейтронной звезды. Оцените скорость разлета оболочки (без учета эффектов теории относительности).

Решение:

Для второй космической скорости имеем

$$V = \sqrt{\frac{2GM}{R}}.$$

Здесь $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ – гравитационная постоянная,

$M = 1M_{\odot}$ – масса звезды,

$R = 10 \text{ км}$ – радиус звезды.

С учетом *принятых* значений массы M и радиуса R нейтронной звезды, найдем

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{10^4}} = 1,633 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 1,633 \cdot 10^5 \text{ км/с}.$$

Ответ: $1,6 \cdot 10^5 \text{ км/с}$.

Рекомендации для жюри:

(Точный ответ соответствует 10^5 км/с).

Применение формулы для второй космической скорости дает 2 балла.

Оценка массы звезды (от 1 до 3 масс Солнца) дает 2 балла.

Оценка радиуса нейтронной звезды (от 10 км до 20 км) дает 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.

Если при вычислениях скорость разлета получилась больше скорости света, и при этом отсутствуют какие-либо комментарии, то оценка не превышает 4 баллов.

Задание 3.

Анализ пространственного распределения $3,6 \cdot 10^6$ звезд показал наличие в галактическом диске асимметричных волн – следов древних столкновений Млечного Пути с галактиками. Одно из таких столкновений произошло $t = 850 \cdot 10^6$ лет назад с карликовой галактикой. Предполагая, что галактика-ударник движется по вытянутому эллипсу, и сейчас она находится в апоцентре, определите расстояние r_A до нее.

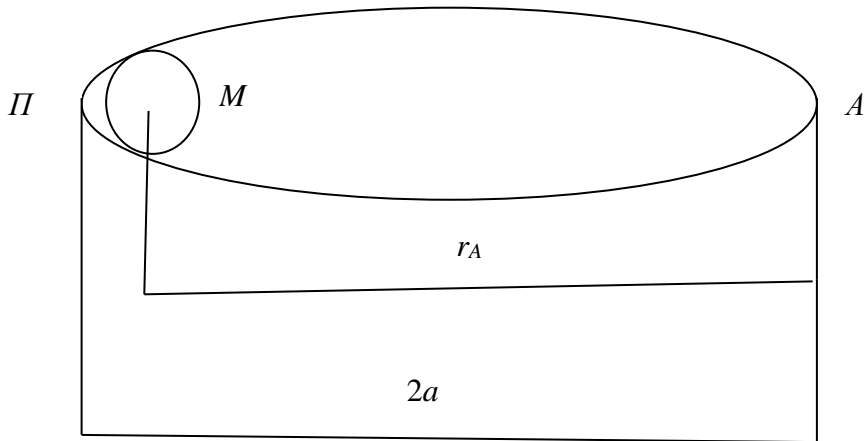
Решение:

Обозначим на рисунке точками P и A положения галактики-ударника в перигентре и апоцентре ее эллиптической орбиты.

a – большая полуось этой орбиты,

r_A – расстояние галактики в апоцентре орбиты,

M – Млечный Путь (представим его в виде сферы).



Очевидно, приближенное значение большой полуоси орбиты галактики-ударника можно найти из условия $a \approx r_A/2$.

Период движения галактики по эллиптической орбите в гравитационном поле Млечного Пути найдем из условия $T = 2 \cdot t$.

По третьему закону Кеплера имеем
$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m)}.$$

Здесь M – масса Млечного Пути, m – масса карликовой галактики ($m \approx 0$).

Полагаем $M = 2 \cdot 10^{12}$ масс Солнца, $M_C = 2 \cdot 10^{30}$ кг.

После подстановок и преобразований, найдем
$$r_A = 2 \left(\frac{t^2 GM}{\pi^2} \right)^{1/3}.$$

Используя числовые данные, получим

$$r_A = 2 \left(\frac{(850 \cdot 10^6 \cdot 365,2422 \cdot 24 \cdot 3600)^2 \cdot 6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{12} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{\pi^2} \right)^{1/3} \approx 3,4 \cdot 10^{21} \text{ м} \approx 1,1 \cdot 10^5 \text{ пк}.$$

Ответ: $3,4 \cdot 10^{21}$ м или 110000 пк.

Рекомендации для жюри:

Применение 3-го закона Кеплера дает 2 балла.

Вывод приближенного выражения для большой полуоси орбиты карликовой галактики оценивается в 1 балл.

Запись выражения для апоцентрического расстояния этой галактики дает 2 балла.

Оценка массы Млечного Пути дает 1 балл.

Правильные вычисления повышают оценку на 2 балла.

Примечание. В задаче присутствуют «лишние» данные и отсутствуют «необходимые» данные для ее решения.

Задание 4.

Во сколько раз Луна ярче Венеры?

Решение:

Звездная величина Венеры в максимуме блеска составляет $m_B = -4,7^m$.

Звездная величина Луны в максимуме блеска равна $m_L = -12,7^m$.

По формуле Погсона имеем

$$\frac{E_L}{E_B} = 2,512^{m_B - m_L} = 2,512^{-4,7 - (-12,7)} = 2,512^8 = 1585.$$

Здесь E_L и E_B – освещенности, создаваемые Луной и Венерой на Земле.

Ответ: 1585.

Рекомендации для жюри:

Указание на звездные величины Луны и Венеры дает по 2 балла.

Применение формулы Погсона дает еще 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку на 2 балла.

Задание 5.

Используя данные Слоуновского цифрового обзора неба, идентифицировали экстремально крупное скопление галактик Сарасвати, находящееся в созвездии Рыб. Это сверхскопление массой $M = 2 \cdot 10^{16}$ масс Солнца, протянулось на 600 миллионов световых лет, и насчитывает 43 скопления галактик. Принимая, что «красное смещение» этого сверхскопления $z = 0,3$, определите силу притяжения этого сверхскопления галактик и человека массой $m = 50$ кг (без учета сил отталкивания).

Решение:

Силу притяжения двух материальных точек найдем из закона всемирного тяготения.

$$F = \frac{GMm}{r^2}.$$

$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ – гравитационная постоянная,

r – расстояние до сверхскопления.

Вследствие эффекта Доплера $V = cz$

(V – скорость удаления сверхскопления галактик).

По закону Хаббла $V = Hr$.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света, $H = 70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ – постоянная Хаббла.

$$\text{Тогда } r = \frac{cz}{H} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 0,3}{70} = 1285,71 \text{ Мпк}.$$

Для силы тяготения получим числовое значение

$$F = \frac{6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{16} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(1285,71 \cdot 10^6 \cdot 206265 \cdot 1,496 \cdot 10^{11})^2} \approx 1,7 \cdot 10^{-15} \text{ Н}.$$

Ответ: $1,7 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$.

Рекомендации для жюри:

Запись закона всемирного тяготения дает 2 балла.

Запись выражения для эффекта Доплера дает 2 балла.

Применение закона Хаббла дает 2 балла.

Вычисление расстояния дает 1 балл.

Вычисление силы повышает оценку на 1 балл.

При вычислении силы без предварительного вычисления расстояния ставится 8 баллов (при верном ответе).

Задание 6.

Мощность излучения в виде гравитационных волн равна $P = 3 \cdot 10^{49} \text{ Вт}$. Во сколько раз эта гравитационно-волновая светимость от одного слияния двух черных дыр превышает электромагнитную светимость всех звезд Вселенной?

Решение:

Примем число галактик в видимой части Вселенной равным $2 \cdot 10^{12}$.

Допустим, в каждой галактике содержится $2 \cdot 10^{11}$ звезд.

Мощность излучения одной звезды (типа Солнца) составляет $3,83 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

Тогда мощность P_B излучения всех звезд видимой части Вселенной равна произведению указанных выше чисел $P_B \approx 15 \cdot 10^{49} \text{ Вт}$.

Отсюда находим $n = P/P_B = 0,2$.

Ответ: в 5 раз меньше.

Рекомендации для жюри:

Оценка числа галактик во Вселенной дает 2 балла.

Оценка числа звезд в Галактике дает 2 балла.

Использование знания светимости Солнца дает 1 балл.

Установление светимости всех звезд Вселенной дает 1 балл.

Верный ответ повышает оценку на 2 балла.

Допускается оценка параметров с точностью до 1 порядка по величине.

Примечание. В действительности различие составляет 100 раз, если учесть, что существуют звезды, отличающиеся от Солнца по светимости.

Максимально за все задания олимпиады – 48 баллов.

№ задания	1	2	3	4	5	6	Всего
Баллы	8	8	8	8	8	8	48