

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.

Решения

Задание 1.

Звезда в нижней кульминации имеет зенитное расстояние $z_n = 3^\circ$, а в верхней кульминации ее зенитное расстояние составляет $z_v = 1^\circ$. На какой широте φ находится наблюдатель?

Решение:

Для нижней кульминации имеем соотношение

$$z_n = 180^\circ - \varphi - \delta.$$

Здесь δ – склонение звезды.

Если звезда в верхней кульминации кульминирует к северу от зенита, то

$$z_v = \delta - \varphi.$$

Если звезда в верхней кульминации кульминирует к югу от зенита, то

$$z_v = \varphi - \delta.$$

Из этих соотношений следует, если звезда кульминирует к югу от зенита, то

$$\varphi = \frac{180^\circ - (z_n + z_v)}{2} = \frac{180^\circ - (3 + 1)}{2} = 88^\circ;$$

если звезда кульминирует к северу от зенита, то

$$\varphi = \frac{180^\circ - (z_n - z_v)}{2} = \frac{180^\circ - (3 - 1)}{2} = 89^\circ.$$

Ответ: $\varphi_1 = 88^\circ$, $\varphi_2 = 89^\circ$.

Рекомендации для жюри:

Применение формулы для зенитного расстояния (высоты) звезды в нижней кульминации дает 2 балла.

Использование соотношений для зенитного расстояния (высоты) звезды в верхней кульминации к югу от зенита и к северу от зенита дает по 2 балла.

Правильные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.

Задание 2.

Радиант метеорного потока Персеиды имеет экваториальные координаты: прямое восхождение $\alpha = 3$ час. 06 мин., склонение $\delta = +58^\circ$. Максимум активности этого потока приходится на 12 августа. В какое время суток на указанную дату радиант данного потока находится в верхней кульминации?

Решение:

В верхней кульминации радианта Персеид звездное время равно прямому восхождению радианта этого потока

$$s_0 = \alpha.$$

Учитывая, что звездное время в полдень 23 марта равно 0 час. (Солнце находится вблизи точки весеннего равноденствия), и каждые солнечные сутки звездные часы «убегают» на 3 мин. 56 сек., найдем звездное время в полдень 12 августа

$$s_1 = s_0 + (3 \text{ мин. } 56 \text{ сек.}) / \text{сут} * ((20 + 30 + 31 + 30 + 31) \text{ сут}) \approx 4 \text{ (мин./сут.)} * 142 \text{ сут.} = \\ = 568 \text{ мин.} \approx 9 \text{ час. } 08 \text{ мин.}$$

Звездное время 3 час. 06 мин. наступит раньше, приблизительно, на 6 часов.

Тогда, по солнечному времени, радиант будет кульминировать в момент времени

$$T \approx 12 \text{ час.} - 6 \text{ час.} = 6 \text{ час.}$$

(в течение суток пренебрегаем различием хода звездного и солнечного времени).

Ответ: утром.

Рекомендации для жюри:

Указание на связь звездного времени и прямого восхождения в момент кульминации дает 2 балла.

Указание на «убегание» звездного времени относительно солнечного за 1 сутки дает 2 балла.

Определение звездного времени в полдень 12 августа дает 2 балла.

Определение времени суток, когда кульминирует (в верхней кульминации) радиант метеорного потока Персеид повышает оценку еще на 2 балла.

Примечание.

Определим зенитное расстояние радианта Персеид в верхней кульминации для Ярославля (Ярославской области) при $\varphi = 57^\circ 38'$.

Поскольку $\delta > \varphi$, то $z_{\text{в}} = \delta - \varphi$.

$$z_{\text{в}} = 58^\circ - 57^\circ 38' = 32'.$$

В нижней кульминации зенитное расстояние радианта Персеид

$$z_{\text{н}} = 180^\circ - \varphi - \delta = 180^\circ - 58^\circ - 57^\circ 38' = 64^\circ 22'.$$

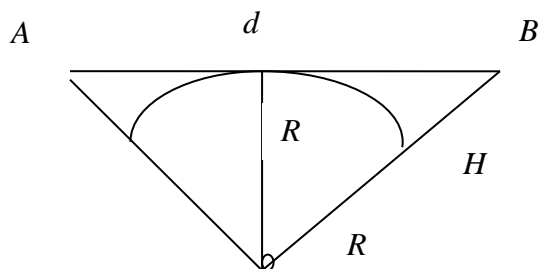
Радиант этого метеорного потока не заходит на широте Ярославской области ($z_{\text{н}} < 90^\circ$).

Задание 3.

Два искусственных спутника Земли движутся по одной и той же круговой орбите. Для наблюдателя в Ярославской области в некоторый момент времени, один спутник находится в точке востока, а второй – в точке запада. Расстояние между спутниками в этот момент времени равно d . Определите большую полуось орбиты спутников.

Решение:

Обозначим на рисунке точками A и B положения спутников в плоскости математического горизонта, H и R высота орбиты спутников и радиус Земли $R = 6378$ км.



Очевидно, большую полуось орбиты спутников можно найти из условий

$$a = R + H,$$

$$a = \sqrt{\frac{d^2}{4} + R^2}$$

Используя числовые данные, получим

$$a = \sqrt{\frac{10000^2}{4} + 6378^2} = 8104 \text{ км}$$

Ответ: 8104 км.

Рекомендации для жюри:

Рисунок оценивается в 3 балла.

Запись выражения для большой полуоси орбиты дает 3 балла.

Правильные вычисления повышают оценку на 2 балла.

Задание 4.

Скопления галактик являются наиболее массивными гравитационно-связанными объектами во Вселенной. Масса барионной компоненты в скоплениях галактик достигает значений $M_1 = 10^{15} M_{\odot}$, при этом масса горячего газа с температурой 10^7 К в скоплениях галактик в $n = 6$ раз больше массы звезд M_{\odot} , а масса темной материи M_T в $k = 6$ раз больше массы горячего газа. Во сколько раз сила притяжения всех звезд F_3 , входящих в скопление галактик, меньше силы притяжения темной материи F_T , если сравниваемые силы действуют на периферийную галактику?

Решение:

Силу притяжения F_3 всех звезд скопления галактик, действующую на периферийную галактику с массой M_1 для шара с радиусом R и массой M_3 , определим по формуле

$$F_3 = \frac{GM_1M_3}{R^2}.$$

Силу притяжения F_T темной материи, действующую на периферийную галактику с массой M_1 , для шара с радиусом R и массой M_T определим следующим образом

$$F_m = \frac{GM_1M_T}{R^2}.$$

Отношение $F_T/F_3 = M_T/M_3$.

По условию задачи $M_T/M_3 = nk = 36$.

Ответ: 36.

Рекомендации для жюри:

Выбор модели – скопление галактик и периферийная галактика – шар и материальная точка – дает 2 балла.

Запись выражения для закона всемирного тяготения – для каждого случая – дает по 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.

Задание 5.

В шаровом скоплении 47 Тукана обнаружена двойная система X9, состоящая из черной дыры и звезды-компаньона с орбитальным периодом $T = 28$ мин. Предполагая, что звезда – белый карлик, который находится на расстоянии $a = 960000$ км от черной дыры, оцените ее массу.

Решение:

По третьему закону Кеплера имеем

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_ч + M_б)}.$$

Здесь

$G = 6.672 \cdot 10^{-11}$ Нм²/кг² – гравитационная постоянная,

$M_ч$ – масса черной дыры,

$M_б$ – масса белого карлика.

Примем $M_б = 1.4 M_C$ (M_C – масса Солнца).

Тогда,

$$\frac{M_ч}{M_C} = \frac{a^3 4\pi^2}{GT^2 M_C} - \frac{M_б}{M_C}.$$

В числовом виде

$$\frac{M_ч}{M_C} = \frac{(9.6 \cdot 10^8)^3 4\pi^2}{6.672 \cdot 10^{-11} (28 \cdot 60)^2 \cdot 2 \cdot 10^{30}} - \frac{M_б}{M_C} = 91.$$

Ответ: 91.

Рекомендации для жюри:

Применение 3-го закона Кеплера дает 4 балла.

Учет предельной массы белого карлика дает 2 балла.

Верные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.

При пренебрежении массой белого карлика оценка снижается на 1 балл (при верных, в дальнейшем, вычислениях).

Задание 6.

23 февраля 1987 года в Большом Магеллановом облаке на расстоянии 168000 световых лет от Земли астрономы обнаружили одну из самых ярких сверхновых SN 1987 А. Светимость сверхновой составила $L = 10^8 L_C$ на протяжении нескольких месяцев. ($L_C = 3.83 \cdot 10^{26}$ Вт – светимость Солнца). Определите приблизительно массу m электромагнитного поля, образовавшегося при этом за время $t = 2$ месяца.

Решение:

Используя соотношение между энергией излучения E и массой вещества m , которое превратилось в электромагнитное излучение, получим

$$m = \frac{E}{c^2}.$$

Здесь $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света.

Энергию излучения звезды (E) выразим через ее светимость (L) и время излучения (t),

$$E = L \cdot t.$$

Тогда, $m = \frac{L \cdot t}{c^2}.$

Запишем ответ в числовой форме

$$m = \frac{3,83 \cdot 10^{26} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 2,2 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Ответ: $2,2 \cdot 10^{24}$ кг

Рекомендации для жюри:

Установление связи между энергией излучения электромагнитного поля дает 2 балла.

Определение энергии излучения звезды за 2 месяца дает 2 балла.

Вычисление массы материи, превратившейся в энергию излучения, дает 4 балла.

Примечание.

В энергию излучения превратилась материя с массой меньшей массы Земли (!).

Максимально за все задания олимпиады – 48 баллов.

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