Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2021-2022 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 48 баллов

Задача №1. «Где-то в Малой Медведице…». *(Максимальный балл – 8 баллов)*
Абсолютная звездная величина Полярной звезды составляет $-3{,}6^m$. Оцените максимальное расстояние, с которого эту звезду можно наблюдать невооруженным глазом?

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

Возможное решение:

Связь абсолютной звездной величины M, видимой звездной величины m и расстояния до звезды R в парсеках выражается следующим соотношением:

$M – m = 5- 5\cdot\lg R$

Наименьшая звездная величина, видимая глазом составляет 6^m.

$$\lg R = \frac{m - M + 5}{5}$$

Находим, что lg R= 2,92, отсюда расстояние, с которого можно наблюдать Полярную звезду невооруженным взглядом, равно 832 пк.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Связь видимой и абсолютной звездной величины	3
2	Наименьшая звездная величина, видимая глазом	3
3	Нахождение R	2
	Итого:	**8**

Задача №2. «Вокруг Солнца». *(Максимальный балл – 8 баллов)*

Вокруг Солнца по круговой орбите радиуса R движется абсолютно черная сферическая пылинка. Какова ее температура?

Автор: Фокин Андрей Владимирович

Возможное решение:

Поскольку радиус пылинки r мал, будем считать, что ее температура одинакова в любой точке.

Солнце, имеющее светимость L создает на расстоянии R освещенность равную

$$E = \frac{L}{4\pi R^2}$$

Пылинка абсолютно черная, поэтому поглощенная энергия равна:

$$W = E \cdot \pi r^2$$

Излучение абсолютно черного тела подчиняется закону Стефана – Больцмана. Значит пылинка будет излучать мощность

$$P = \sigma T^4 \cdot \pi r^2$$

В термодинамическом равновесии поглощенная энергия равна излученной (W=P).

Отсюда получаем, что температура пылинки равна:

$$T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi\sigma R^2}}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Энергия, получаемая пылинкой на расстоянии R от Солнца	3
2	Энергия, излучаемая пылинкой	3
3	Термодинамическое равновесии	1
4	Результат	1
	Итого:	**8**

Задача №3. «Движение звезд». *(Максимальный балл – 8 баллов)*

Одной из ближайших звезд к нашему Солнцу является звезда Барнарда. Её наблюдательные данные: прямое восхождение $\alpha=18^{ч}$, склонение $\delta=+4^{0}41'$. Параметры собственного движения: прямое восхождение μ_α=-798 мс/год, склонение μ_δ=10327 мс/год. При параллаксе π=547 мс её лучевая скорость составляет v_r=-111 км/с. Вычислите полную пространственную скорость (в км/с) звезды относительно Солнечной системы.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение:

Расстояние до звезды:

$$d = \frac{1\ \text{пк}}{\pi} = \frac{1}{0{,}547} = 1{,}83\ \text{пк.}$$

Полное собственное движение звезды:

$$\mu = \sqrt{(\mu_\alpha \cos\delta)^2 + (\mu_\delta)^2} = \sqrt{(-798\cos(+4{,}4^0))^2 + (10327)^2} = 10357{,}6\ \text{мс/год},$$

что соответствует линейной скорости:

$$v_l = \mu d = 10{,}3576\ \frac{\text{сек}}{\text{год}} \cdot 1{,}83\ \text{пк} = 18{,}9544\ \frac{\text{а.е.}}{\text{год}} = 90{,}2\ \text{км/с.}$$

Тогда полная пространственная скорость звезды:

$$v = \sqrt{(v_l)^2 + (v_r)^2} = \sqrt{90{,}2^2 + 111^2} = \mathbf{143}\ \text{км/с.}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Определение расстояния до звезды	1
2	Нахождение полного собственного движения звезды	4
3	Связь полного собственного движения звезды с линейной скоростью	1
4	Нахождение пространственной скорости звезды	2
	Итого:	**8**

Задача №4. «Двойные звезды». *(Максимальный балл – 8 баллов)*

Расстояние между звездами в двойной системе 5 а.е. Каким должен быть диаметр телескопа, чтобы наблюдатель с его помощью мог различить звезды? Расстояние до системы 23 парсек. Ответ выразить в мм и округлить до целых.

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

Возможное решение:

Разрешающая способность для оптического прибора (в радианах):

$$\theta = 1{,}22\frac{\lambda}{D}$$

где D – диаметр объектива телескопа, λ – длина волны, на которой ведется наблюдение.

Для длины волны 550 нм (максимальная чувствительность глаза в желто-зеленой области спектра), эту формулу можно переписать в виде:

$$\theta = \frac{138''}{D\ (\text{мм})}$$

Найдем угловой размер системы для наблюдателя:

$$\theta = \frac{206265 \cdot R}{l}$$

где R – расстояние между двойными звездами, l – расстояние до двойной системы.

Выразим диаметр апертуры телескопа, при помощи которого можно различить звезды в двойной системе и подставив значение θ, получим 635 мм.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Формула для разрешающей способности телескопа	3
2	Находим угловой размер системы	3
3	Нахождение диаметра входной апертуры телескопа	2
	Итого:	**8**

Задача №5 «Звездное затмение». *(Максимальный балл – 8 баллов)*

В максимуме затменная переменная звезда имеет блеск 6^m, а минимуме 8^m. Считая затмение центральным и спутник темным, найти отношение объемов компонентов этой пары.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение:

Освещённости, создаваемые двумя объектами со звёздными величинами m_1 и m_2, связаны соотношениями:

$$\frac{E_1}{E_2} = (2{,}512)^{-(m_1-m_2)}.$$

С учетом того, что энергия прямо пропорциональна площади, с которой происходит излучение, получаем:

$$\frac{R^2}{R^2-r^2} = (2{,}512)^{8-6}.$$

В результате, получаем:

$$\frac{R}{r} = 1{,}1.$$

Следовательно, отношение объемов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^3 = \mathbf{1{,}33}.$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Формула Погсона	3
2	Энергия пропорциональна площади, с которой происходит излучение	2
3	Отношение объемов равно кубу отношения радиусов	2
	Результат	1
	Итого:	**8**

Задача №6 «Звездные скопления». *(Максимальный балл – 8 баллов)*

На фотографии (слева) объект из каталога Мессье и его негатив (справа). Как называется данный тип объекта? Объект примечателен тем, что в нем удалось впервые различить отдельные звезды для подобных структур на небе. В этом объекте по теоретическим моделям насчитывается порядка 100 тысяч звезд. Радиус ядра этого объекта — 1,8 светового года. В ядре сосредоточено порядка половины массы объекта. Считая, что звезды ядра распределены равномерно в пространстве, оцените среднее расстояние между ними.

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

Возможное решение:

Шаровое звездное скопление M4 состоит из 100 тысяч звезд и имеет диаметр около 150 световых лет. Для оценки среднего расстояния между звездами скопления можно посчитать, какая часть объема скопления приходится на одну звезду и извлечь из полученного числа кубический корень.

Полный объем ядра скопления $V = \frac{4}{3}\pi R^3$=24.43 (св.г)^3

Допуская по условию, что звезды распределены равномерно, считаем, что и массы звезд не зависят от их положения в шаровом скоплении. Следовательно, половина массы означаем и половину звезд скопления. Находим объем, приходящуюся на одну звезду в ядре скопления (0,0004886 св.г^3). Тогда среднее расстояние между звездами равно 0,08 световых года.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Указано, что это шаровое звездное скопление	2
2	Рассчитан объем ядра скопления	2
3	Идея о том, что половина звезд означает и половину массы	2
	Нахождение расстояния между звездами	2
	Итого:	**8**