

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2022-2023 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 50 баллов**

Задача №1. «Созвездие Волопаса» (Максимальный балл – 10 баллов)

Арктур – одна из самых ярких звезд на небесной сфере. Расстояние до Арктура равно 11,4 пк, при этом оно уменьшается на 5,16 км каждую секунду. Если подобная скорость сближения оставалась бы неизменной, то через сколько лет блеск Арктура возрос бы вдвое?

Возможное решение:

Освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до звезды. Следовательно, блеск звезды увеличится в:

$$n = \left(\frac{R}{R - vt} \right)^2$$

где R – расстояние до звезды, v – её скорость, t – время.

Переведем расстояние из парсеков в километры, а скорость из километров в секунду в километры в год:

$$R = 11,4 \text{ пк} = 11,4 \cdot 3,24 \cdot 10^{14} = 36,936 \cdot 10^{14} \text{ км}$$

$$V = 5,16 \text{ км/с} = 5,16 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \approx 1,6 \cdot 10^8 \text{ км/год.}$$

Получаем:

$$t = \frac{R}{v} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \right) = \frac{36,936 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^8} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}} \right) \approx 6,8 \text{ млн. лет}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до звезды	3
2	Увеличение блеска звезды	3
3	Работы с единицами измерений	2
4	Найдено время, в течении которого блеск увеличится вдвое	2
	Итого:	10

Задача №2. «Движение звезд». (Максимальный балл – 10 баллов)

Одна из ближайших звезд к нашему Солнцу это Альфа Центавра. Определите полную пространственную скорость звезды, если известно, что её годичный параллакс $p=0,747''$, собственное движение составляет $\mu=3,75''$ в год, а спектральная линия с длиной волны 600 нм смещена к фиолетовому концу спектра на 0,042 нм.

Возможное решение:

Полная скорость звезды:

$$v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_{\lambda}^2}$$

Тангенциальная скорость:

$$v_{\tau} = 4,74 \frac{\mu}{p}$$

Лучевая скорость:

$$v_{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c$$

где $c = 3 \cdot 10^5$ км/с – скорость света.

Окончательный ответ:

$$v = \sqrt{\left(4,74 \frac{\mu}{p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} c\right)^2} \approx 31,7 \text{ км/с}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Записана формула для расчета полной скорости звезды	3
2	Записано выражение для нахождения тангенциальной скорости звезды	3
3	Записано выражение для расчета лучевой скорости	3
4	Результат	1
	Итого:	10

Задача №3. «Быстрое вращение». (Максимальный балл – 10 баллов)

Звезда вращается вокруг своей оси с периодом 10^{-2} с. Какой может быть средняя плотность вещества такой звезды?

Возможное решение:

Скорость вращения звезды на экваторе не должна быть больше первой космической скорости для нее, иначе звезду просто разорвет. Отсюда

$$v = \frac{2\pi R}{T} \leq \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

где R – радиус звезды, M – масса звезды, T – период ее обращения вокруг своей оси.

Масса звезды может быть найдена через среднюю плотность

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$$

Возводим в квадрат обе части неравенства и подставляем формулу для расчета массы звезды, получим:

$$\rho \geq \frac{3\pi}{GT^2}$$

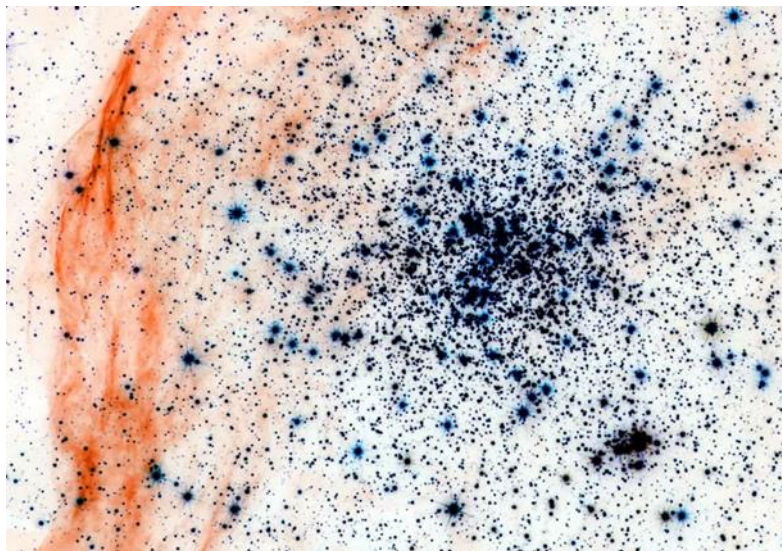
Подставляя численные данные, получим что $\rho > 1,4 \cdot 10^{15}$ кг

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Идея, что скорость точек на экваторе не превосходит первую космическую	3
2	Записано выражение для первой космической скорости	2
3	Найдена линейная скорость точек на экваторе	1
4	Записана формула, связывающая массу звезды с ее средней плотностью	2
5	Получен численный результат	2
	Итого:	10

Задача №4. «Звездные скопления». (Максимальный балл – 10 баллов)

В звездном скоплении 2022 звезд. Видимая звездная величина звезд в скоплении одинакова и равна 16,5m для каждой. Найти суммарную звездную величину скопления.



Возможное решение:

Равенство звездных величин звезд скопления означает равенство освещенностей, которые они создают на поверхности Земли.

Обозначим эту освещенность через E , для каждой звезды она одинаковая по условию. Суммарная освещенность, создаваемая всеми звездами скопления, будет равна

$$E_{\text{общ}} = N_{\text{звезд}} * E, \text{ где } N_{\text{звезд}} = 2022$$

Из определения звездной величины находим суммарную звездную величину скопления

$$m(N_{\text{звезд}}) = m - 2,5 * \lg \frac{E_{\text{общ}}}{E}$$

Подставим данные из условия задачи, получим

$$m(N_{\text{звезд}}) = m - 2,5 \lg N_{\text{звезд}} = 8.2m.$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Сделан учет равенства освещенностей	3
2	Указан принцип подсчета суммарной освещенности	3
3	Приведена формула для звездной величины	3
4	Получен правильный ответ	1
	Итого:	10

Задача №5 «Наблюдаем звезды». (Максимальный балл – 10 баллов)

Астроном фотографирует планету с угловым диаметром $20''$, используя телескоп с фокусным расстоянием 7 метров и стоящую в фокальной плоскости телескопа ПЗС-камеру с квадратными пикселями, причем длина стороны одного пикселя равна 6 микрометрам. Оцените количество пикселей, на которые попадет изображение планеты.

Возможное решение:

Линейный размер изображения δ протяженного объекта с угловым размером θ (в радианах) в фокальной плоскости объектива телескопа с фокусным расстоянием F равен:

$$\delta = \theta \cdot F$$

Переведем $20''$ в радианы, получим $0,0000969$ рад (учтено, что $1^\circ = 3600''$)

Планета в фокальной плоскости будет выглядеть кружком с радиусом:

$$R = \frac{1}{2} \delta$$

Подставив значения, получим $R = 339$ мкм. Площадь изображения, отнесенная к площади одного пикселя, даст количество пикселей

$$N = \frac{\pi R^2}{a^2} = \frac{3.14 \cdot 339^2}{6^2} = 10024 \text{ пикселей}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Связь углового размера элемента с фокусным расстоянием и линейным размером элемента	3
2	Перевод угла в радианную меру	3
3	Идея расчета количества пикселей	2
4	Найдено количество пикселей	2
	Итого:	10