

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

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

Вега – одна из самых ярких звезд на небесной сфере. Расстояние до Веги равно 7,7 пк, при этом оно уменьшается на 20,6 км каждую секунду. Если подобная скорость сближения оставалась бы неизменной, то через сколько лет блеск Веги возрос бы втрое?

*Автор: Гусев Андрей Владиславович*

**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:

$$R = 7,7 \text{ пк} = 7,7 \cdot 3,24 \cdot 10^{14} = 24,948 \cdot 10^{14} \text{ км}$$

$$V = 20,6 \text{ км/с} = 20,6 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \approx 6,5 \cdot 10^8 \text{ км/год}$$

Получаем:

$$t = \frac{R}{v} \left( 1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \right) = \frac{24,948 \cdot 10^{14}}{6,5 \cdot 10^8} \left( 1 - \sqrt{\frac{1}{3}} \right) \approx 1,6 \text{ млн. лет}$$

**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 втрое           | 2         |
|   | <b>Итого:</b>  | <b>10</b> |

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

Звезда Барнарда в созвездии Змееносца обладает самой большой среди известных звезд (кроме Солнца) скоростью перемещения по небесной сфере. За 174 года она смещается по небесной сфере на полградуса (видимые угловые размеры Солнца и Луны). Определите полную пространственную скорость звезды, если известно, что её годичный параллакс  $0,547''$ , собственное движение составляет  $10,35''$  в год, а спектральная линия с длиной волны  $600 \text{ нм}$  смещена к фиолетовому концу спектра на  $0,222 \text{ нм}$ .

*Автор: Гусев Андрей Владиславович*

**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  $c = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$  – скорость света.

Окончательный ответ:

$$v = \sqrt{\left(4,74 \frac{\mu}{p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} c\right)^2} \approx 142,7 \text{ км/с}$$

**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         |
|   | <b>Итого:</b>  | <b>10</b> |

**Задача №3. «Коллапс Солнца».** (Максимальный балл – 10 баллов)

Радиус Солнца  $6,96 \cdot 10^8$  м и оно вращается вокруг своей оси, совершая один оборот за 25,3 сут. Каков будет период вращения Солнца, если оно без потери массы сколлапсирует в нейтронную звезду радиусом 5 км.

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

**Возможное решение:**

Вращающаяся звезда представляет собой замкнутую систему, для которой во время коллапса будет выполняться закон сохранения момента импульса:

$$J\omega = const$$

где  $J$  – момент инерции шара,  $\omega$  – угловая скорость вращения. Коллапс происходит без потери массы, тогда запишем закон сохранения момента импульса для начального и конечного состояния звезды:

$$\frac{2}{5}mR^2 \frac{2\pi}{T_1} = \frac{2}{5}r^2 \frac{2\pi}{T_2}$$

Отсюда

$$T_2 = T_1 \frac{r^2}{R^2}$$

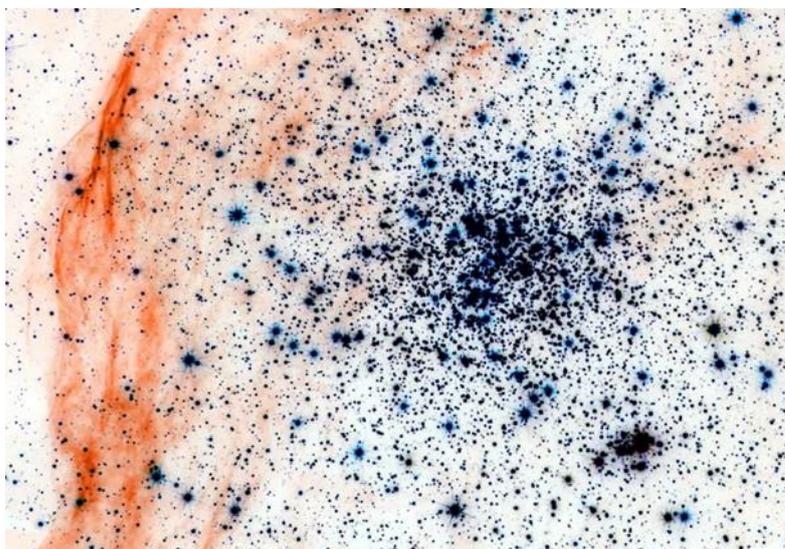
где  $R$  – начальный радиус Солнца,  $r$  – радиус Солнца, после коллапса. Подставляя данные, получим  $1,1 \cdot 10^{-4}$  с.

**Схема оценивания:**

| № | Этап решения   | Балл      |
|---|--|-----------|
| 1 | Идея использовать закон сохранения момента импульса          | 3         |
| 2 | Записан закон сохранения момента импульса для двух состояний | 3         |
| 3 | Найдено соотношение между величинами из условия задачи       | 2         |
| 4 | Получен численный результат                                  | 2         |
|   | <b>Итого:</b>  | <b>10</b> |

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

В звездном скоплении 2022 звезды. Видимая звездная величина звезд в скоплении одинакова и равна 6,5m для каждой. Найти суммарную звездную величину скопления.



*Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович*

**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

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

где  $m$  – видимая звездная величина для одной звезды

Подставим данные из условия задачи, получим

$$m(N_{\text{звезд}}) = m - 2,5 \lg N_{\text{звезд}} = -1.76m$$

**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         |
|   | <b>Итого:</b>                                  | <b>10</b> |

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

Телескоп имеет диаметр объектива 50 см и фокусное расстояние 3 м. Приемник с каким размером элементов вы бы предпочли для наблюдений с этим телескопом, если наблюдение осуществляется на длине волны 653,5 нм?

*Автор: Фокин Андрей Владимирович*

**Возможное решение:**

Для наблюдения лучше всего использовать приемник с размерами элементов, равным размеру дифракционного диска звезды при наблюдении с данным телескопом, т.к. дальнейшее уменьшение элементов не приведет к повышению разрешающей способности. Угловой размер дифракционного диска звезды будет равен

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

где  $\lambda$  – длина волны, на которой ведется наблюдение в телескоп,  $D$  – диаметр входного отверстия телескопа.

Если обозначить фокусное расстояние телескопа  $F$ , то размер элемента должен быть:

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

Подставляя данные задачи, получим  $\delta = 4,8$  мкм.

**Схема оценивания:**

| № | Этап решения  | Балл      |
|---|---|-----------|
| 1 | Обоснование минимального размера элементов приемника                                | 3         |
| 2 | Угловой размер дифракционного диска   | 3         |
| 3 | Связь углового размера элемента с фокусным расстоянием и линейным размером элемента | 2         |
| 4 | Найдено числовое значение линейного размера элемента                                | 2         |
|   | <b>Итого:</b>   | <b>10</b> |