

**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии  
2016-2017 учебный год  
Муниципальный этап**

**Ответы и критерии оценивания  
Время выполнения – 3 часа  
Максимальное количество баллов - 48  
Возрастная параллель 10 класс**

*Задача 10-1. (Сложность 1. Раздел 2.6.)*

Среднее время существования шарового звездного скопления превышает 10 млрд. лет. Для рассеянных звездных скоплений среднее «время жизни» менее 100 млн. лет. Объясните столь большое различие.

*Ответ.*

Основная причина различия устойчивости шаровых и рассеянных звездных скоплений состоит в различном количестве звезд, составляющих эти системы. Для шаровых скоплений количество звезд превышает миллион, для рассеянных скоплений не превышает тысячу. В результате гравитационное поле, которое удерживает звезды и не позволяет им «разлететься» для шаровых скоплений во много раз сильнее. Этим и определяется их более высокая стабильность.

*Рекомендации Жюри.*

Первое – знание усредненных параметров звездных скоплений (2 балла). Понимание того факта, что от массы зависит гравитационное поле (3 балла). Окончательный вывод, что стабильность определяется гравитацией (3 балла).

*Задача 10-2. (Сложность 1. Раздел 1.5.)*

Из наземных наблюдений известно, что  $d$  - видимый угловой диаметр Луны изменяется приблизительно на 10 % (от 0,95 до 1,05 среднего). По этим данным оцените величину эксцентриситета лунной орбиты.

*Ответ.*

Видимый угловой размер тела зависит от его реальных размеров -  $R$  и  $r$  - расстояния до него:  $d \sim R/r$ . Луна вращается вокруг Земли по эллиптической орбите, поэтому  $r$  изменяется, что и приводит к изменению видимого углового размера Луны. Изменение  $r$  определяется  $e$  – эксцентриситетом орбиты:  $r_{\min} = a(1-e)$ ,  $r_{\max} = a(1+e)$ , где  $a$  – большая полуось орбиты. Собираем конечное выражение:

$$d_{\max}/d_{\min} = (R \cdot r_{\min}) / (R \cdot r_{\max}) = r_{\max} / r_{\min} = (a \cdot (1+e)) / (a \cdot (1-e)) = (1+e) / (1-e) = 1.05 / 0.95 = 1.11.$$

Решая уравнение, получим  $e \approx 0,052$ . Точное значение  $e_{\text{средний}} = 0,0549$ .

*Рекомендации Жюри.*

Первое – использование (упоминание, понимание...) того, что угловой размер тела зависит от его реальных размеров -  $R$  и  $r$  - расстояния до тела:  $d \sim R/r$  (2 балла). Второе - использование факта эллиптичности орбиты Луны и расстояний перицентра и апоцентра (2 балла). Третье – вывод вычислительного уравнения (возможны разные варианты его записи):  $(1+e)/(1-e) = 1.11$  (3 балла). Четвертое – получение правильного численного значения для эксцентриситета (1 балл).

*Задача 10-3. (Сложность 1. Разделы 2.3 и 2.9.)*

Почему поглощение света в межзвездной среде описывается термином «избыток цвета»?

*Ответ.*

Взаимодействие излучения с межзвездной средой приводит к преимущественному ослаблению (поглощению и рассеянию) коротковолнового излучения. То есть до наблюдателя доходит больше длинноволнового и меньше коротковолнового излучения. Это приводит к «покраснению» цвета далеких звезд (вспомните восход и заход Солнца). Количественной мерой цвета звезды служит параметр, который называется показатель цвета. Показатель цвета во всех фотометрических системах «устроен» так, что «покраснение» приводит к росту этого показателя. Этот факт и фиксируется выражением «избыток цвета», т.е. прирост его по сравнению с идеальным случаем отсутствия межзвездной среды и ослабления в ней света звезд.

*Рекомендации Жюри.*

Первое – распространение излучения в межзвездной среде приводит к ослаблению «синего» участка спектра и увеличению относительного вклада «красного» участка. Это приводит к «покраснению». За правильное использование этих физических закономерностей – 3 балла. Второе – знание о количественной мере цветности – показателе цвета, его связи с реальным цветом звезд – 3 балла. Окончательный вывод – 2 балла.

*Задача 10-4. (Сложность 2. Раздел 1.2.)*

Известно, что объекты звездного неба могут быть не заходящими, восходящими (заходящими) и не восходящими. Оцените для звезды Вега ( $\alpha$  Лиры): на каких широтах Вега будет не заходящей, восходящей (заходящей) и не восходящей. Склонение Веги  $\delta = +38^{\circ}47'$ .

*Ответ.*

По формулам сферической астрономии получим, что широтные границы, разделяющие зоны на Земле по условиям видимости определяются следующими выражениями.

- Не заходящие:  $\delta \geq (90 - \varphi)$ , где  $\varphi$  - географическая широта.
- Не восходящие:  $\delta \leq - (90 - \varphi)$ .

Простыми вычислениями получаем.

- Вега не заходящая при  $\varphi \geq +50^{\circ}13'$  (северной широты).
- Вега восходит и заходит:  $-50^{\circ}13'$  (ю.ш.)  $\leq \varphi \leq +50^{\circ}13'$  (с.ш.)
- Вега не восходит  $\varphi \leq -50^{\circ}13'$  (южной широты)

*Рекомендации Жюри.*

Знание условий видимости оценивается в 2 балла. Вычисление границ для каждой из трех широтных зон оценивается в 2 балла (итого  $2*3 = 6$  баллов).

*Задача 10-5. (Сложность 2. Раздел 2.10.)*

Продается бинокль со следующими характеристиками: диаметр объектива 70 мм, увеличение переменное от 12 до 36 крат. Оцените, пожалуйста, насколько оправдан такой выбор значений для увеличения.

*Ответ.*

У оптического прибора, который планируется использовать для визуальных наблюдений, имеются так называемые «характеристические» увеличения: минимальное или

«равнозрачковое» и максимально полезное. Оба эти показателя определяются диаметром апертуры (объектива):  $G_{\min} \approx D(\text{мм}) / 6$ ,  $G_{\max} \approx 1.5 * D(\text{мм})$ . После подстановки диаметра объектива бинокля получим:  $G_{\min} = 11,6 \approx 12$ , а  $G_{\max} = 105 > 36$ . Т.е. имеется практически точное «попадание» для  $G_{\min}$  и трехкратный запас по максимальному увеличению. Видимо в данном случае были приняты во внимание и другие параметры бинокля: ширина поля зрения и поверхностная яркость наблюдаемых объектов.

*Рекомендации Жюри.*

В данной задаче четыре оцениваемых момента, каждый по 2 балла. Первое – знание о наличии характеристических увеличений. Второе – знание формул. Третье – вычисление численных значений. Четвертое – анализ полученного результата и его сравнение с реальным прибором.

*Задача 10-б. (Сложность 2. Раздел 2.1.)*

Представим, что в центре галактики Туманность Андромеды (М31) находится типичный квазар со светимостью  $10^{13}$  L<sub>s</sub> (светимостей Солнца). Оцените в звездных величинах яркость такого объекта при наблюдении с Земли. Расстояние до М31  $1,6 * 10^{11}$  а.е.

*Ответ.*

Используем стандартную формулу Погсона:  $m_2 - m_1 = 2.5 \lg(E_1/E_2)$ . Освещенность зависит от светимости объекта и расстояния до него:  $E \sim (L/r^2)$ , подставляем в формулу Погсона и получаем  $m_2 - m_1 = 2.5 \lg(r_2^2 L_1 / r_1^2 L_2)$ . Выбирая индекс 2 для квазара, а 1 – для Солнца окончательно получим  $m_{\text{кв}} = m_s + 2.5 \lg((L_s * r_{\text{кв}}^2) / (L_{\text{кв}} * r_s^2)) \approx -3.2^m$

*Рекомендации Жюри.*

В данной задаче четыре оцениваемых момента, каждый по 2 балла. Первое – знание формулы Погсона. Второе – знание связи освещенности со светимостью и расстоянием. Третье – преобразование формулы Погсона к виду  $2.5 \lg(r_2^2 L_1 / r_1^2 L_2)$ . Четвертое – вычисление видимой звездной величины объекта.