

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:

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

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 (α 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 φ - 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: $-50^{\circ}13' \leq \varphi \leq +50^{\circ}13'$ (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 $2 \cdot 3 = 6$ 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 (M31) находится типичный квазар со светимостью 10^{13} L_s (светимостей Солнца). Оцените в звездных величинах яркость такого объекта при наблюдении с Земли. Расстояние до M31 $1,6 * 10^{11}$ 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.