

**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 11 класс**

11 класс

Задача 11-1. (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 11-2. (Сложность 1. Раздел 3.1.)

Существует мнение, что амплитуда приливов и отливов на Земле зависит от фазы Луны. Верно ли это, а если верно, то в чем причина этой зависимости, и какой фазе Луны соответствуют максимальные и минимальные приливы.

Ответ.

На Земле отчетливо фиксируются только приливные явления, вызванные воздействием Луны и Солнца. Величина приливного ускорения зависит (для условий данной задачи) от M – массы приливообразующего тела и r - расстояния до него следующим образом: $\sim (M/r^3)$. Оценки показывают, что «лунные» приливы примерно в 2,5 раза сильнее «солнечных». Приливные «горбы» образуются вблизи линии, соединяющей центры Земли и Луны (Солнца). В результате максимальные приливы образуются в случае сложения «лунных» и «солнечных», а это произойдет, когда Луна, Земля и Солнце будут находиться около одной прямой, т.е. вблизи полнолуния и новолуния. Соответственно минимальные приливы соответствуют первой и последней четверти.

Рекомендации Жюри.

Знание причин и действующих факторов для приливного ускорения – 2 балла. Знание или оценка относительной роли «лунных» и «солнечных» приливов – 1 балл. Понимание положения приливных «горбов» вблизи центральной линии – 1 балл. Оценка взаимосвязи фаз Луны и величины приливов – по 1 баллу за каждую фазу (итого – 4 балла).

Задача 11-3 (Сложность 1. Раздел 3.5.)

Чем вызвано свечение полярного сияния. Почему его цвет может меняться от глубокого фиолетового до темно красного.

Ответ.

Полярные сияния вызваны низко энергичными заряженными частицами солнечного ветра. Однако излучают не частицы солнечного ветра, а атомы земной атмосферы, в основном азот и кислород. Получив энергию от заряженных частиц, они переизлучают ее в собственных спектральных линиях, которые имеют фиксированные длины волн. В результате свечение полярных сияний приобретает ярко выраженный цвет. Например, для атомов кислорода зеленый (558 нм) или красный (630 и 636 нм).

Рекомендации Жюри.

Знание первопричины полярных сияний – солнечный ветер – 2 балла. Понимание физики свечения – ударное «возбуждение» атомов атмосферы и затем переизлучение ее в собственных линиях спектра – 4 балла. Понимание химического состава земной атмосферы и причин формирования насыщенных цветовых оттенков – 2 балла.

Задача 11-4. (Сложность 2. Раздел 2.1.)

Представим, что в центре галактики Туманность Андромеды (М31) находится типичный квазар со светимостью 10^{13} L_s (светимостей Солнца). Оцените в звездных величинах яркость такого объекта при наблюдении с Земли. Расстояние до М31 $1,6 \cdot 10^{11}$ 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 $m_{\text{кв}} = m_s + 2.5 \lg((L_s \cdot r_{\text{кв}}^2) / (L_{\text{кв}} \cdot r_s^2)) \approx -3.2^m$

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.

Задача 11-5. (Сложность 2. Разделы 3.3 и 3.7.)

Одно из «окон прозрачности» земной атмосферы приходится на ИК диапазон и пропускает излучение с длинами волн от 2,5 до 3,5 мкм. В настоящее время астрономы выделяют 4 класса холодных и маломассивных звезд – «бурых» или коричневых карликов: М (1500-2000 К), L (1000-1500 К), Т (400-1000 К) и Y (менее 400 К). В скобках указаны температуры поверхности звезд этих спектральных классов. Для звезд какого спектрального класса наземным телескопом можно проследить положение максимума излучения в спектре. Звезды считать абсолютно черными телами (АЧТ), постоянная Вина ($b = 0.0029 \text{ м} \cdot \text{К}$).

Ответ.

Согласно закону спектрального смещения Вина максимум излучения АЧТ определяется температурой $\lambda = b / T$, где b – постоянная Вина ($b = 0.0029 \text{ м*К}$), T – температура. Используя указанные границы «окна прозрачности» получим $T_1 \approx 1200 \text{ К}$ и $T_2 \approx 860 \text{ К}$. Таким образом этому условию частично удовлетворяют звезды классов L и T.

Рекомендации Жюри.

Знание закона спектрального смещения Вина – 2 балла. Использование его для вычисления граничных температур (T_1 и T_2) – 4 балла. Соотнесение температур со спектральными классами карликов и окончательный вывод – 2 балла.

Задача 11-б. (Сложность 2. Разделы 11.5, 11.12, 3.8, и 3.9.)

Скопление галактик находится на расстоянии $r = 700 \text{ Мпс}$ от нас и имеет угловой диаметр $D = 0,5$ градуса. Масса светящегося вещества в нем - M_s по оценкам астрономов составляет 10^{13} масс Солнца. Скорость «убегания» на границе скопления – v составляет 1000 км/с . Оцените по известным данным полную массу скопления M и относительные доли светящегося (M_s/M) и темного, т.е. не светящегося вещества (M_d/M) в этом скоплении.

Ответ.

Первым шагом вычислим R - радиус скопления галактик. Из соотношения катетов в прямоугольном треугольнике получаем: $R = r * \text{tg} (D/2) \approx r * D/2$ (радианы). После подстановки численных данных получим $R \approx 3 \text{ Мпс}$ или $0,9*10^{23} \text{ м}$. Скорость убегания

соответствует второй космической $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, где G – гравитационная постоянная, а M –

полная масса скопления. Из этой формулы выражаем полную массу $M = \frac{Rv^2}{2G}$, после

подстановки данных получим $M \approx 50 \cdot 10^{13} \text{ Мс}$ (солнечных масс). Оценивая доли вещества, получаем $M_s/M \approx 1/50 = 2\%$ и доля темной материи $M_d/M \approx 98\%$.

Рекомендации Жюри.

Вычисление линейных размеров скопления галактик – 1 балл. Оценка полной массы скопления по скорости убегания – 3 балла. Вычисление относительной доли светящегося и темного вещества (M_s/M и M_d/M) – 4 балла, т.е. по 2 балла за каждый показатель.