Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. 2022/2023 учебный год.

7-8 класс

Задача 1. Что можно подержать в руках: метеор, метеорное тело, болид, метеорит? Объясните свой ответ.

Решение: Только метеорит – упавшее на Землю метеорное тело. Метеорное тело представляет собой маленькие твердые частички, обращающиеся вокруг Солнца. Метеор – это явление, вспышка света, которая образуется при сгорании метеорного тела в атмосфере Земли. Очень яркий метеор называется болидом.

Критерии: Правильное объяснение каждого термина - по 2 балла. Если даны правильные ответы без объяснения - 4 балла. Итого 8 баллов.

Задача 2. Подберите название *планеты* к наиболее известной ее особенности, выражаемой фразой:

а) Красная планета, б) Утренняя звезда, в) Бывшая планета, г) Властелин колец.

Решение: б) Венера, а) Марс, в) Плутон, г) Сатурн.

Критерии: Каждый правильный ответ - по 2 балла.

Задача 3. На рисунках представлены фигуры нескольких созвездий. Под каждой фигурой указан её номер. Укажите в ответе название каждого созвездия (выпишите пары «номер рисунка – название на русском языке»).

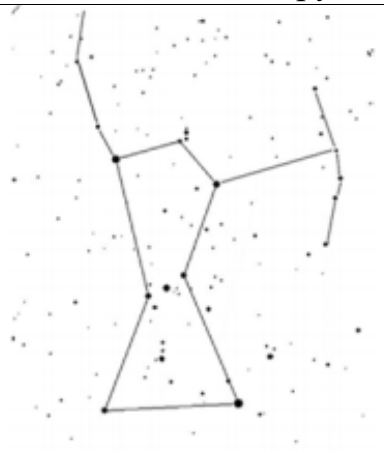
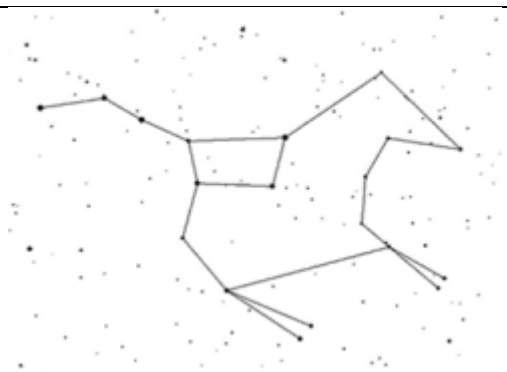
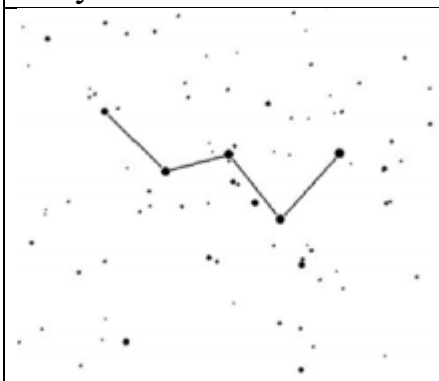
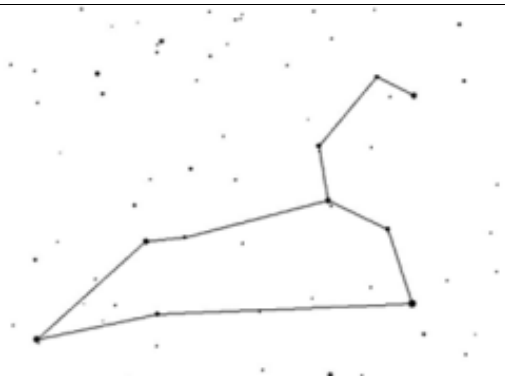
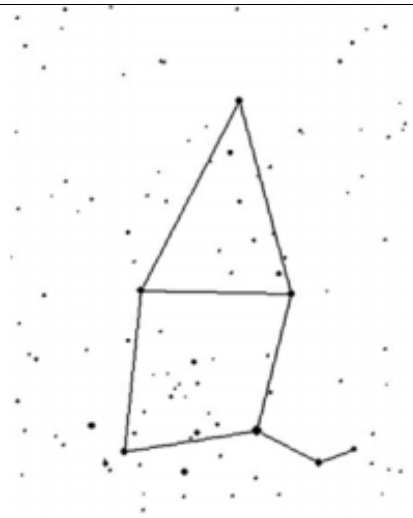
Рисунок 1	 Рисунок 2

 Рисунок 3	 Рисунок 4
 Рисунок 5	 Рисунок 6
 Рисунок 7	 Рисунок 8

Решение:

1. Лебедь (1 балл);
2. Орион (1 балл);
3. Геркулес (1 балл);
4. Большая Медведица (1 балл);
5. Кассиопея (1 балл);
6. Лев (1 балл);

7. Лира (1 балл);
8. Цефей (1 балл);

Критерии оценивания: Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Задача 4. Один из астрономов оценил период обращения Солнца вокруг центра Галактики в 225 миллионов лет и определил, что Солнце находится на расстоянии в 27000 световых лет от центра Галактики и движется по круговой орбите с постоянной скоростью. Используя данные, полученные этим астрономом, оцените какой путь проделает Солнце за время олимпиады по астрономии (90 минут). Ответ выразите в километрах и астрономических единицах. Длину окружности можно определить по формуле, где D - диаметр круга. Считайте, что скорость света равна 300000 км/с.

Решение.

Световой год — это расстояние, которое преодолевает свет за юлианский год (365.25 дней). Скорость света также указана в условии, за секунду свет пролетает 300000 км или 0.3 млн. км, следовательно, за 3600 секунд (1 час) он преодолеет 300000 ··3600 = 1080 млн. км, за сутки (24 часа) 25.92 млрд. км, за год (365.25 суток) — 9.46 триллионов км. Таким образом, 1 световой год равен расстоянию в 9.46 триллионов ($9.46 \cdot 10^{12}$) км.

Теперь вычислим с помощью указанной в условии формулы протяжённость орбиты Солнца. Диаметр орбиты равен удвоенному расстоянию от Солнца до центра галактики, протяжённость орбиты составит 169560 световых года. Данный путь Солнце преодолевает за 225 миллионов лет. Скорость движения по условию одинакова, это означает, что за миллион лет Солнце преодолеет 754 световых года, за тысячу лет — 0.754 световых года. Воспользовавшись вычислениями в начале задаче получаем, что за тысячу лет Солнце пролетит $9.46 \cdot 0.754 \cdot 10^{12} = 7.13$ триллионов км. Следовательно, за год это расстояние составит 7.13 млрд. км, за сутки — 19.5 млн. километров, а за 1.5 часа — 1.25 миллиона километров, или 0.008 астрономических единиц.

Схема оценивания решений по 8-балльной системе:

0 баллов: решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл: правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

1–2 балла: попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла: правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов: задание частично решено;

5–7 баллов: задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

Задача 5. Любители астрономии Чук и Гек решили отыскать астероид во Вселенной, с поверхности которого можно “спрыгнуть” в открытый космос. Определите максимальный размер астероида, удовлетворяющего этим требованиям.

Решение.

Запишем выражение для второй космической скорости v, с которой должен подпрыгнуть астронавт, чтобы навсегда покинуть астероид с радиусом R и массой M:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}\,. \qquad (1)$$

Будем считать астероид однородным шаром, в этом случае его масса равна

$$M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3, \qquad (2)$$

где ρ — плотность астероида, которую мы примем равной 3 г/см^3, что весьма типично для астероидов. Тогда вторая космическая скорость может быть выражена как

$$v = \sqrt{\frac{8}{3}\pi G\rho}\,R = 1.29\cdot 10^{-3}\,\text{с}^{-1}R\,. \qquad (3)$$

Чтобы покинуть астероид прыжком со скоростью 10 м/с (такой прыжок под силу хорошему спортсмену), его радиус не должен превышать 7.75 км.

Критерии оценивания:

Получено выражение (1) - 2 балла

Получено выражение (2) - 2 балла

Получено выражение (3) - 2 балла

Вычислено численное значение скорости, с которой можно покинуть астероид -2 балла

Задача 6. Планета Юпитер была известна людям с древнейших времен. Это одна из внешних, по отношению к земной орбите, планет Солнечной системы. Юпитер, двигаясь вокруг Солнца, занимает характерные взаимные положения относительно Земли и Солнца. Например, наблюдать Юпитера с Земли можно в квадратуре (когда угол «Юпитер-Земля-Солнце» прямой) и в противостоянии (когда Земля находится между Солнцем и Юпитер на одной прямой с ними). Докажите, что видимая яркость Юпитера в квадратуре будет меньше, чем в противостоянии.

Возможное решение:

Юпитер светит отраженным солнечным светом. Так как орбита планеты практически круговая, то расстояние от Солнца до планеты практически неизменно. Можно считать, что количество солнечного света, попадающего на планету, почти всегда одно и то же и, следовательно, Юпитер отражает всегда одно и то же количество света. Однако из-за того, что Юпитер движется относительно Солнца, изменяется расстояние между Землей и Юпитером.

Если светящийся объект сам не меняет свою яркость, то изменение его яркости для наблюдателя связано только с изменением расстояния до него. Чем дальше от наблюдателя находится объект, тем он слабее. Докажем, что расстояние от Юпитера до Земли в квадратуре всегда больше, чем в противостоянии, то тем самым будет доказано, что в противостоянии Юпитер ярче, чем в квадратуре.

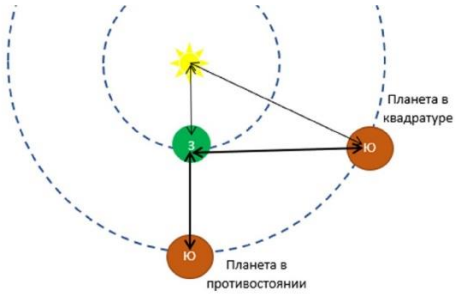


Рис. Наблюдение внешних планет.

Орбиты круговые, поэтому расстояние от Солнца до Юпитера в квадратуре и в противостоянии одинаково.

Расстояние: (Солнце - Земля) + (Земля - Юпитер (квадр.)) > (Солнце - Юпитер (квадр)) (1).

Расстояние: (Солнце - Земля) = (Солнце - Юпитер (против)) - (Земля - Юпитер (против)) (2).

Подставив второе в первое, получим

(Земля - Юпитер (против)) < (Земля - Юпитер (квадр))

Значит, яркость Юпитера в квадратуре будет меньше яркости Юпитера в противостоянии.

Ответ: яркость Юпитера в квадратуре будет меньше яркости Юпитера в противостоянии.

Критерии оценивания:

Предположение о неизменности количества отраженного от Юпитера света - 2 балла

Связь яркости Юпитера с расстоянием до него - 2 балла

Доказательство, что расстояние в квадратуре больше расстояния в противостоянии - 3 балла

Ответ на вопрос задачи - 1 балл

Решение каждой задачи оценивается в 8 баллов, максимальное время на выполнение заданий тура – 90 минут

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. 2022/2023 учебный год.

9 класс

Задача 1. Какие из приведенных ниже названий являются созвездиями: Динозавр, Ворона, Лиса, Сова, Хамелеон, Большой Лев, Слон, Малый Лев, Голубь, Большой Кот, Ящерица, Пес.

Решение:

Правильный ответ: Ящерица, Малый Лев, Голубь, Хамелеон. За каждый правильный ответ по 2 балла.

Задача 2. На космическом корабле отправились в полёт два космонавта. Совершив 18 витков вокруг Земли, они благополучно приземлились. Сколько времени они пробыли в полете, если радиус Земли около 6400 км, высота орбиты 200 км, орбитальную скорость принять равной 7,8 км/с.?

Решение:

Знание формулы для нахождения периода обращения: $T=2\pi R/V$ (2 балла), учёт того, что R=R (Земли) + h (высота спутника над Землей) - ещё 2 балла. Умножив полученный результат на 18 (число витков) - 2 балла, правильный результат T=26,6 часа - 2 балла.

Задача 3. Капитан Буран со своего космического корабля перед стартом с Земли наблюдал летящую звезду Барнарда, которая имеет рекордно большое собственное движение (10" в год). После точных измерений стало известно, что параллакс летящей звезды Барнарда равен 0.5". Для того чтобы капитану Бурану проложить траекторию своего космического корабля, найдите тангенциальную скорость летящей звезды Барнарда по отношению к Солнцу.

Решение.

Параллакс звезды Барнарда равен 0.5", и это означает, что расстояние до нее равно 2 пк, а отрезок длиной 1 а.е. на этом расстоянии виден под углом 0.5". За счёт тангенциального движения звезда Барнарда пролетает за год в 20 раз большее расстояние, то есть её тангенциальная скорость относительно Солнца равна 20 а.е./год. Выражая астрономическую единицу в километрах, а год в секундах, получаем значение скорости 95 км/с.

Критерии оценивания:

Указаны параллакс звезды, расстояние до звезды и угол видимости звезды - 3 балла
Найдена тангенциальная скорость относительно Солнца - 3 балла
Вычислено численное значение скорости звезды -2 балла

Задача 4. Один из астрономов оценил период обращения Солнца вокруг центра Галактики в 225 миллионов лет и определил, что Солнце находится на расстоянии в 27000 световых лет от центра Галактики и движется по круговой орбите с постоянной скоростью. Используя данные, полученные этим астрономом, оцените какой путь проделает Солнце за время олимпиады по астрономии (90 минут). Ответ выразите в километрах и астрономических единицах. Длину окружности можно определить по формуле, где D - диаметр круга. Считайте, что скорость света равна 300000 км/с.

Решение.

Световой год — это расстояние, которое преодолевает свет за юлианский год (365.25 дней). Скорость света также указана в условии, за секунду свет пролетает 300000 км или 0.3 млн. км, следовательно, за 3600 секунд (1 час) он преодолеет 300000 $\cdot\cdot$3600 = 1080 млн. км, за сутки (24 часа) 25.92 млрд. км, за год (365.25 суток) — 9.46 триллионов км. Таким образом, 1 световой год равен расстоянию в 9.46 триллионов ($9.46 \cdot 10^{12}$) км.

Теперь вычислим с помощью указанной в условии формулы протяжённость орбиты Солнца. Диаметр орбиты равен удвоенному расстоянию от Солнца до центра галактики, протяжённость орбиты составит 169560 световых года. Данный путь Солнце преодолевает за 225 миллионов лет. Скорость движения по условию одинакова, это означает, что за миллион лет Солнце преодолеет 754 световых года, за тысячу лет — 0.754 световых года. Воспользовавшись вычислениями в начале задаче получаем, что за тысячу лет Солнце пролетит $9.46 \cdot 0.754 \cdot 10^{12} = 7.13$ триллионов км. Следовательно, за год это расстояние составит 7.13 млрд. км, за сутки — 19.5 млн. километров, а за 1.5 часа — 1.25 миллиона километров, или 0.008 астрономических единиц.

Схема оценивания решений по 8-балльной системе:

0 баллов: решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл: правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

1–2 балла: попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла: правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов: задание частично решено;

5–7 баллов: задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

Задача 5. Любители астрономии Чук и Гек решили отыскать астероид во Вселенной, с поверхности которого можно “спрыгнуть” в открытый космос. Определите максимальный размер астероида, удовлетворяющего этим требованиям.

Решение.

Запишем выражение для второй космической скорости v, с которой должен подпрыгнуть астронавт, чтобы навсегда покинуть астероид с радиусом R и массой M:

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}\,. \qquad (1)$$

Будем считать астероид однородным шаром, в этом случае его масса равна

$$M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3, \qquad (2)$$

где ρ — плотность астероида, которую мы примем равной 3 г/см^3, что весьма типично для астероидов. Тогда вторая космическая скорость может быть выражена как

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{8}{3}\pi G\rho}\,R = 1.29 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{c}^{-1} R\,. \qquad (3)$$

Чтобы покинуть астероид прыжком со скоростью 10 м/с (такой прыжок под силу хорошему спортсмену), его радиус не должен превышать 7.75 км.

Критерии оценивания:

Получено выражение (1) - 2 балла

Получено выражение (2) - 2 балла

Получено выражение (3) - 2 балла

Вычислено численное значение скорости, с которой можно покинуть астероид -2 балла

Задача 6. Одной из ближайших звезд к нашему Солнцу является звезда Барнарда. Её наблюдательные данные: прямое восхождение $\alpha = 18^{ч}$, склонение $\delta = +4^0 41^{/}$ Параметры собственного движения: прямое восхождение $\mu_\alpha = -798$ мс/год, склонение $\mu_\delta = 10327$ мс/год. При параллаксе $\pi = 547$ мс её лучевая скорость составляет $v_r = -111$ км/с. Вычислите полную пространственную скорость (в км/с) звезды относительно Солнечной системы.

Возможное решение:

Расстояние до звезды:

$$d = \frac{1\ пк}{\pi} = \frac{1}{0{,}547} = 1{,}83\ пк.$$

Полное собственное движение звезды:

$$\mu = \sqrt{(\mu_\alpha \cos\delta)^2 + (\mu_\delta)^2} = \sqrt{(-798\cos(+4^0 41^I))^2 + (10327)^2} = 10357{,}6\ мс/год.$$

Что соответствует линейной скорости:

$$v_l = \mu d = 10{,}3576\frac{сек}{год} \cdot 1{,}83\ пк = 18{,}9544\frac{а.е}{год} = 90{,}2\ км/с.$$

Тогда полная пространственная скорость звезды:

$$v = \sqrt{(v_l)^2 + (v_r)^2} = \sqrt{90{,}2^2 + 111^2} = 143\ км/с.$$

Критерии оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Определение расстояния до звезды	1
2	Нахождение полного собственного движения звезды	4
3	Связь полного собственного движения звезды с линейной скоростью	1
4	Нахождение пространственной скорости звезды	2
	Итого:	**8**

Решение каждой задачи оценивается в 8 баллов, максимальное время на выполнение заданий тура – 120 минут

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. 2022/2023 учебный год.
10 класс

Задача 1. Объясните значение астрономических терминов: зенит, кульминация, ось мира, небесная сфера, абсолютная звездная величина, элементы орбиты, метеориты, звезда.

Решение:

Зенит - наивысшая воображаемая точка небесной сферы, находящаяся над головой наблюдателя.

Кульминация - прохождение светила через небесный меридиан в процессе его суточного движения

Ось мира – ось вращения небесной сферы

Небесная сфера – воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проецируются все небесные тела. За центр, в зависимости от постановки задачи могут служить глаз наблюдателя

Абсолютная звездная величина - звездная величина, которую имело бы данное светило с расстояния 10 пк. Определяется светимостью объекта.

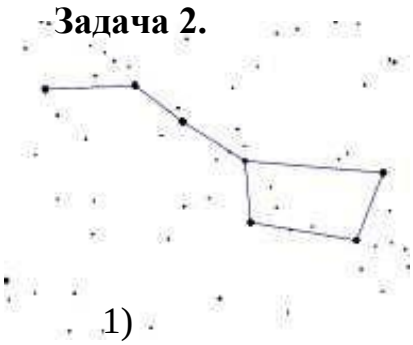
Элементы орбиты – набор параметров, задающих размеры и форму орбиты (траектории) небесного тела, расположение орбиты в пространстве и место расположения небесного тела на орбите.

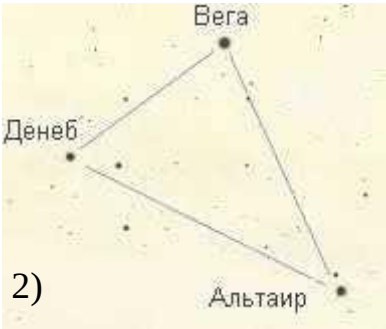
Метеориты - космические тела, достигшие поверхности Земли.

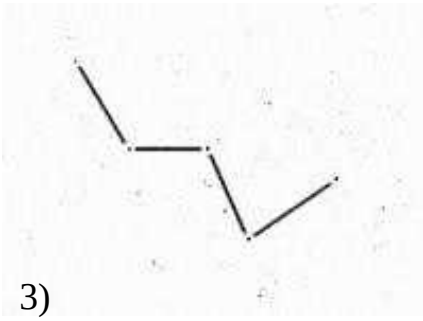
Звезда — небесное тело, светящееся собственным светом и представляющееся земным наблюдателям светлой точкой, в котором происходят термоядерные реакция превращения водорода в гелий с выделением колоссального количества тепла и света.

Критерии оценивания: по 1 **баллу** за правильное объяснение значения каждого термина. Максимум за задание – **8 баллов**

Задача 2.







Каким общим термином называются объекты, изображенные на рисунках? К каким участкам небесной сферы принадлежит каждый из них?

Решение:

Представлены <u>астеризмы</u> – характерные визуальные сочетания звезд, которые нельзя путать с созвездиями – участками небесной сферы. Астеризм1) находится в созвездии Большая Медведица; астеризм 2) (летний треугольник) образован звездами, принадлежащими к созвездиям Лира (звезда–Лира), Лебедь (звезда–Денеб) и Орел (звезда–Альтаир) астеризм

2) находится в созвездии Кассиопея.

<u>Критерии оценивания:</u> астеризм(3балла), названия созвездий, к которым

принадлежат звезды из этих астеризмов – по1 баллу за каждое (т.е. 5 баллов за все). **Всего 8 баллов.**

Задача 3. Звездные величины планет по состоянию на 12 октября 2022г. равны:
1) – 3,92;
2) – 2,91;
3) – 0,76;
4) – 0,74;
5) 0,59;
6) 5,68;
7) 7,69.
Расположите названия планет в соответствующем порядке.

Решение:

1) Венера (всегда – наиболее яркая из планет); 2) Юпитер (второй по яркости из-за своего размера); 3) Марс 4)Меркурий; 5) Сатурн 6) Уран; 7) Нептун

Критерии оценивания: по 1 баллу за каждое правильное расположение планеты в списке + 1баллесли все планеты правильно расположены. **Всего 8баллов.**

Задача 4. Прочитайте текст о яркости и цвет звезд знаменитостях и вставьте пропущенные слова (словосочетания), указаны цифрами:

Самые яркие звезды еще в древности назвали звездами _____**(1)** , а самые слабые, видимые на пределе зрения для невооруженного глаза, - звездами_____**(2).** Эта старинная терминология сохранилась и в настоящее время. К истинным размерам звезд термин _____**(3)** отношения не имеет, она характеризует_____**(4)**, приходящий на Землю от звезды. Принято, что при разности в одну звездную величину яркость звезд отличается примерно в_____**(5)**. Разность в_____**(6)** звездных величин соответствует различию в яркости ровно в 100 раз. Так, звезды 1-й величины в 100 раз ярче звезд 6-й величины.

Современные методы наблюдений дают возможность обнаружить звезды примерно до 25-й звездной величины. Измерения показали, что звезды могут иметь дробные или отрицательные звездные величины, например, для_____**(7)** звездная величина m = 1,06, для Веги m = 0,14, для _____**(8)** m = – 1,58, для Солнца m = – 26,80.

Решение: Ответы в тексте выделены жирным шрифтом.

Самые яркие звезды еще в древности назвали звездами **1-й величины**, а самые слабые, видимые на пределе зрения для невооруженного глаза, — звездами **6-й величины**. Эта старинная терминология сохранилась и в настоящее время. К истинным размерам звезд термин **«звездная величина»** отношения не имеет, она характеризует **световой поток,** приходящий на Землю от звезды. Принято, что при разности в одну звездную величину яркость звезд отличается примерно в **2,5 раза**. Разность в **5** звездных величин соответствует различию в яркости ровно в 100 раз. Так, звезды 1-й величины в 100 раз ярче звезд 6-й величины.

Современные методы наблюдений дают возможность обнаружить звезды примерно до 25-й звездной величины. Измерения показали, что звезды могут иметь дробные или

отрицательные звездные величины, например: для **Альдебарана** звездная величина m = 1,06, для Веги m = 0,14, для **Сириуса** m = — 1,58, для Солнца m = — 26,80.

Критерии оценивания: по 1 **баллу** за правильное вставленное пропущенное слово.

Максимум за задание – **8 баллов**.

Задача 5. Спутник массой 5 тонн вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом 15000 км. Рассчитать его кинетическую энергию

Решение: Так как спутник вращается по круговой орбите, сила тяжести, действующая на него, обеспечивает центростремительное ускорение

$$G\frac{M_e m}{R^2} = m\frac{V^2}{R} \rightarrow V = \sqrt{G\frac{M_e}{R}}$$

$$E_k = \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow \frac{1}{2}RG\frac{M_e m}{R^2} = m\frac{V^2}{R} * \frac{1}{2}R$$

$$E_k = \frac{1}{2}G\frac{M_e m}{R} = \frac{1}{2}6.67*10^{-11} * \frac{6*10^{24}*5*10^3}{15*10^6} = 667*10^8\ Дж$$

$$V = \sqrt{G\frac{M_e}{R} = \sqrt{6.67*10^{-11}} * \frac{6*10^{24}}{15*10^6}} \approx 5165\ км/ч$$

Ориентировочные критерии оценивания:

2 балла за демонстрацию понимания сути орбитального движения

3 балла за расчёт скорости

3 балла за расчёт кинетической энергии

Задача 6. В звёздный суперразрушитель, личный флагман лорда Дарта Вейдера мощностью 4 000 000 Вт загрузили бескар массой 800 кг. При этом, включив двигатели своего корабля на 15% мощности, он равномерно поднялся на высоту ***H*** = *150* м за время **t** = 10 секунд. Какова масса космического корабля с экипажем без склисса? Ускорение свободного падения на этой планете *g*= *20* м/с^2.

Решение*:* По определению мощности $N = \frac{A}{t}$ где *A*– работа, совершенная двигателями корабля за время *t*. (1 балл)

Величина этой работы равна $A = (M + m) * g * H$, где M– масса катера, *m* – масса бескара, *g*– ускорение свободного падения на планете (2 балла)

Учитывая, что двигатели работали лишь на 15% своей мощности, находим $\eta N = \frac{(M+m)g*H}{t}$откуда искомая масса катера без бескара (2 балла)

$M = \frac{\eta N t}{g*H} - m = \frac{0{,}15*4\,000\,000*10}{20*150} - 800 = 1200$ кг = 1,2 тонны. (2 балла)

Получен правильный математический расчет – 1балл

Ответ: M = 1,2 тонны.

Решение каждой задачи оценивается в 8 баллов, максимальное время на выполнение заданий тура – 120 минут

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. 2022/2023 учебный год.

11 класс

Задача 1. Космический аппарат, размером 2 м опускается на лунную поверхность. Можно ли наблюдать это в школьный телескоп с диаметром объектива 10 см ?

Возможное решение:

Телескоп с диаметром D = 0,1 м имеет согласно формуле Рэлея угловое разрешение $\Delta\varphi = 1{,}21\frac{\lambda}{D}$; **- 2 балла**

$\lambda \approx$ 500 нм (зеленый) - длина волны света (берется длина волны к которой наиболее чувствителен человеческий глаз)

$\Delta\varphi = 6{,}1 \cdot 10^{-6}$ **- расчет 2 балла**

Угловой размер космического аппарата $\Delta\varphi_к = \frac{\lambda}{R}$; **- 2 балла**

l - размер аппарата, *l* = 2 м;

R - расстояние от Земли до Луны, R = 384 тыс.км

$\Delta\varphi_к = 5{,}2 \cdot 10^{-9}$, что меньше разрешения телескопа. **– 2 балла**

Ответ: нет

Задача 2. Экспериментатор Винтик решил провести эксперимент века, позволивший бы определить во сколько раз изменилась бы максимальная продолжительность полного солнечного затмения на Земле (7.5 мин), если бы наша планета вращалась вокруг своей оси вдвое быстрее? Найдите во сколько раз изменилась бы максимальная продолжительность полного солнечного затмения на Земле в новых условиях.

Решение.

Как известно, максимальная ширина конуса лунной тени составляет приблизительно $d = 270$ км. Максимальная продолжительность полной фазы солнечного затмения достигается, если оно видно вблизи экватора, и скорость суточного движения наблюдателя $u = 0.46$ км/с сонаправлена со скоростью движения тени v (около 1.06 км/с, Луна находится вблизи точки перигея орбиты). В таком случае наблюдатель пересекает тень по диаметру за время

$$t = \frac{d}{\mathrm{v} - u}, \qquad (1)$$

равное 450 секундам, или 7 с половиной минутам. Если бы Земля вращалась вокруг собственной оси вдвое быстрее, то скорость наблюдателя u составила бы 0.92 км/с, и продолжительность полной фазы солнечного затмения могла бы достичь 1928 секунд или 32 с лишним минут, то есть в четыре с лишним раза больше!

Критерии оценивания:

Правильно указаны условия протекания максимальной продолжительности полной фазы солнечного затмения - 2 балла

Получено выражение (1) - 2 балла

Вычислено значение максимальной продолжительности полного суточного затмения -4 балла

Задача 3. Каждому астрономическому событию соотнесите частоты их наступления.

А. Лунное затмение	1. Ежедневно
Б. Восход Солнца на экваторе Земли	2. Раз в полгода
В. Прохождение Марса по диску Солнца	3. 4 раза в год
Г. Солнцестояние	4. Раз в несколько месяцев
Д. Солнечные вспышки	5. Никогда

Решение:

А-3; Б-1; В-5; Г-2; Д-4

Критерии оценивания:

Ответ А-3; Б-1; В-5; Г-2; Д-4 — 8 баллов

Любой другой — 0 баллов

Задача 4. Астрономы Винтик и Шпунтик наблюдают с Земли за двумя звездами с одинаковой светимостью в направлении полюса Галактики и в направлении её центра. Оказалось, что расстояние до звёзд одинаковое и равно 2000 пк. Винтик увидел первую звезду на пределе видимости глаза в телескоп диаметром 100 мм. Телескоп какого диаметра надо взять Шпунтику, чтобы в него увидеть вторую звезду? Поглощение в диске нашей Галактики принять равным $0{,}002^m$/пк. Поглощением в направлении полюса Галактики пренебречь.

Решение: Полное поглощение в направлении второй звезды составляет $0{,}002\cdot2000=4^m$. Т.е. от неё приходит света в $2{,}512^4\approx40$ раз меньше, чем от первой звезды. Значит, чтобы собрать от второй звезды столько же света, сколько 100 мм телескоп собирает от первой, надо взять телескоп с объективом, имеющим в 40 раз большую площадь. Т.е. его диаметр должен быть $100\cdot40^{1/2}\approx630$ мм. Ответ: 630 мм.

Критерии оценивания:

• за определение полного поглощения в звездных величинах +3 балла;

• за определение полного поглощения в разах +2 балла;

• за определение диаметра объектива +3 балла;

Арифметическая ошибка снижает оценку на 1 балл, но только за тот этап, в котором она была допущена. Однако если она повлекла за собой абсурдный ответ (например, диаметр

телескопа получается близким или меньшим 100 мм), определение диаметра объектива не засчитывается и оценка за этот этап не выставляется. Решение может быть сделано без проведения промежуточных вычислений. Путь решения может отличаться от авторского. При условии его корректности и близости ответа (ответ в диапазоне ±50 мм) решение оценивается полным баллом (8 баллов).

Задача 5. Профессор Селезнёв отправил свою дочь Алису Селезнёву в космический круиз по маршруту Солнце-Вега и обратно. Профессору Селезнёву известно, что параллакс звезды Вега равен 0.12", а звездная величина звезды Вега равна 0^m. На каком расстоянии от Солнца на прямой Солнце-Вега должен находиться космический корабль с Алисой Селезнёвой, чтобы эти две звезды были одинаково яркими? Видимая звездная величина Солнца равна -26.8^m.

Решение.

Расстояние до Веги R, выраженное в парсеках, равно $1/\pi''$, где π'' — её параллакс, выраженный в секундах дуги. Подставляя значение параллакса, получаем $R = 8.3$ пк. Учитывая, что в одном парсеке содержится 206265 а.е., определим видимую звездную величину Солнца с такого расстояния. Она равна

$$m_0 = -26.8 + 2.5\lg(8.3 \cdot 206265)^2 = +4.4. \quad (1)$$

Учитывая, что блеск Веги с такого же расстояния равен 0^m, она светит в

$$K = 10^{0.4 \cdot 4.4} = 57.5 \quad (2)$$

раз ярче Солнца. Обозначим искомое расстояние вдоль прямой Солнце-Вега, с которого Солнце и Вега имеют одинаковый блеск, через r. Тогда для него должно выполняться уравнение

$$\frac{(R-r)^2}{r^2} = K. \quad (3)$$

Решения этого уравнения представляются в виде

$$r_{1,2} = \frac{-R\left(1 \pm \sqrt{K}\right)}{K-1} \quad (4)$$

и равны +0.97 пк (наблюдатель находится на расстоянии 0.97 пк по направлению к Веге) и –1.26 пк (наблюдатель находится на расстоянии 1.26 пк по направлению от Веги).

Критерии оценивания:

Получено выражение (1)	- 1 балл
Получено выражение (2)	- 1 балл
Получено выражение (3)	- 2 балла
Получено выражение (4)	- 2 балла
Вычислено численное значение искомого расстояния	- 2 балла

Задача 6. Учёные обнаружили неизвестную планету и решили изучать её особенности. После продолжительных исследований они обнаружили, что сутки на этой планете длятся 1,93 часа. Может ли эта планета потерять атмосферу, при таком быстром вращении? Дайте ответ на вопрос, сделав необходимые вычисления. Известно, что масса планеты $M=4*10^{24}$ кг, радиус R=8300 км, $G = 6{,}67 * 10^{-11}$ Н*м^2 / кг^2.

Решение:

Чтобы вещество с поверхности планеты не улетало, необходимо чтобы сила притяжения со стороны Земли и центростремительная сила, возникающая из-за вращения

планеты должны быть равны, т.е. вес тела на экваторе должен быть равен нулю.

По 2 закону Ньютона $F_m = ma$

закону всемирного тяготения $F_{грав.} = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$

$a = \frac{v^2}{R}$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

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

$T = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}3 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{8{,}3 \cdot 10^6}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 7 \cdot 10^{24}}} = 52{,}124 \cdot 10^6 \sqrt{0{,}1777 \cdot 10^{-7}} =$

$52{,}124 \cdot 10^6 \cdot 1{,}3333 \cdot 10^{-4} = 69{,}497 \cdot 10^2 = 6949$ секунд = 1,93 часа

Ответ: T = 1,93 ч - минимальная допустимая продолжительность суток для планеты, при которой вещество с поверхности планеты не улетает в космос. Следовательно, данная планета не потеряет атмосферу.

Критерии оценивания:

Представлено полностью решение и записан ответ - 8 баллов

Представлено полностью решение и записан ответ, но есть недочёты - 7 баллов

Представлено полностью решение и записан не верный ответ - 6 баллов

Представлено решение и записан ответ, есть ошибки в вычислениях – 5 баллов

Записано дано, все необходимые формулы начаты вычисления– 4 балла

Записано дано, 1-2 формулы, начаты вычисления – 3 балла

Записано дано, формула без подсчётов – 2 балла

Записано дано – 1 балл

Решение каждой задачи оценивается в 8 баллов, максимальное время на выполнение заданий тура – 120 минут