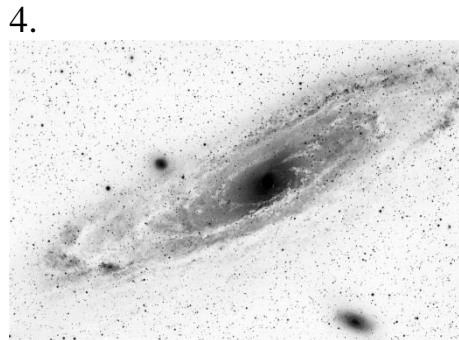
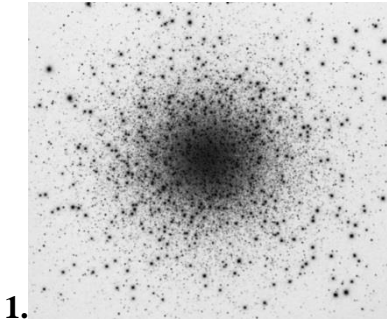


**Всероссийская олимпиада школьников
по астрономии
муниципальный этап**

9 класс

Решения

Задание 1. Катя и Ваня рассматривали фотографии разных астрономических объектов. Они решили сначала расположить их в порядке удаленности от Земли, а затем в порядке возрастания массы. Помогите ребятам проверить свои предположения. В ответ подайте две последовательности чисел в нужном порядке: а) расположить объекты в порядке удаленности от Земли; б) расположить объекты в порядке возрастания массы.



Решение: а) 2314; б) 3214.

Критерии:

За правильное расположение каждого элемента - **1 балл**. Максимально возможно 8 баллов.

Задание 2. Ученики 9 класса задумались, могла ли наша Солнечная система стать системой двойной звезды. Для этого они решили посчитать, сколько Юпитеров понадобилось бы взять, чтобы получить звезду, похожую на Солнце.

- а) Почему ребята выбрали именно Юпитер?
- б) Сколько планет понадобилось?
- в) Можно ли получить «Солнце» из множества планет, похожих на Венеру?

Решение и критерии:

а) Основные причины выбора именно Юпитера:

Химический состав Юпитера – газового гиганта – схож с химическим составом Солнца. **1 балл.**

Юпитер является самой крупной планетой - **1 балл.**

б) Для создания звезды достаточно собрать нужную массу, а дальше под действием гравитации будет происходить необходимое сжатие и разогрев вещества.

Масса Солнца (см. справочные материалы) $m_c = 2 \cdot 10^{30}$ кг, масса Юпитера $m_{ю} = 1,899 \cdot 10^{27}$ кг, поэтому понадобится $N = m_c / m_{ю} \approx 1047,4 \approx 1050$ планет **3 балла.**

в) Сделать «Солнце» из планет, похожих на Венеру, напрямую не получится, так как их химический состав очень разный **3 балла; 1 балл, если ответ «нет» дан без пояснения.**

Задание 3. 6 июня 1761 года Михаил Ломоносов, наблюдая за прохождением Венеры между Землей и Солнцем, сделал великое открытие, что на Венере есть атмосфера, по-видимому, более плотная, чем атмосфера Земли. В какой день недели произошло это событие. Дата дана по григорианскому календарю (6 июня 2023 года - вторник). Ответ поясните.

Решение:

Вспомним, как устроен григорианский календарь, по которому мы живём. Каждый год делится на *не високосный* и *високосный*. В не високосный день 365 дней, а в високосный 366 дней. Високосные года высчитываются по следующему правилу (применяется последнее по счёту правило, которое верно для данного года):

- 1) Обычно год *не високосный* (2001, 2002...)
- 2) Если год кратен 4 (2004, 2008...), то год *високосный*
- 3) Если год кратен 100 (1800, 1900...), то год *не високосный*
- 4) Если год кратен 400 (1600, 2000...), то год *високосный*

Давайте рассмотрим, как изменяется день недели той же даты, но в следующий год. Пусть год не високосный, тогда у нас есть 365 дней. Всего в году 52 недели и 1 день ($52 \cdot 7 + 1 = 365$). Когда у нас проходит 7 дней (т.е. неделя), мы попадаем на тот же день недели. Этот процесс повторяется 52 раза. Однако, у нас есть дополнительный день, который и производит смещение дней недели за год. Получается, что если 6 июня 2022 года – понедельник, то 6 июня 2023 года – вторник. Если год високосный, то смещение происходит на 2 дня (т.к. дней $52 \cdot 7 + 2 = 366$), 6 июня 2024 – четверг. Заметим, что если мы рассмотрим 2023 и 2022 год, то нам нужно будет идти в обратном направлении, т.е. если 6 июня 2023 года – вторник, то 6 июня 2022 года – понедельник.

Вернёмся к задаче.

На 1800 - 1899 приходится 24 високосных года (1800 не високосный по правилу 3)

На 1900 - 1999 приходится 24 високосных года (1900 не високосный по правилу 3)

На 2000 - 2023 приходится 6 високосных лет (2000 високосный по правилу 4) (2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020)

От 1761 до 1799 приходится 9 високосных лет (1764, 1768,...,1796)

Всего високосных годов 63. Между этими двумя датами находится $2022 - 1761 = 262$ года. Из них не високосных будет $262 - 63 = 199$ лет. Заметим, что $199 = 28 \cdot 7 + 3$, т.е. за счёт только не високосных лет у нас происходит смещение на 3 дня недели (если в 2023 г - вторник, то раньше была суббота). Каждые семь не високосных лет мы приходим на тот же день недели. В случае високосных лет мы также приходим на тот же день недели каждые 7 лет. Мы можем представить $63 = 7 \cdot 9$, т.е. за счёт високосных лет не происходит смещение. Значит, итоговое смещение было на 3 дня назад и искомый день недели - суббота.

Ответ: суббота.

Примечание. Необходимо заметить, что поскольку мы ищем день недели в прошлом, нужно считать их в обратном порядке (вторник, понедельник, суббота...) Обучающиеся могли считать дату в прямом порядке (вторник, среда, четверг...) и тем самым получить некорректный ответ на саму задачу. В этом случае полученный алгоритм считать корректным, но сам ответ задачи некорректным.

Критерии

Указано правильное устройство григорианского календаря – **3 балла**, если просто упоминание високосных лет – **1 балл**

Рассчитано верное количество високосных и не високосных лет – **2 балла**

Продемонстрирован и описан корректный алгоритм, по которому рассчитывается день недели через некоторое количество лет – **2 балла**

Получен правильный ответ – **1 балл**

Задание 4. Исследовательский зонд отправлен к квазару ТОН 618, в ядре которого находится черная дыра массой 66 млрд масс Солнца. Рассчитайте, на какое максимально близкое расстояние он может подлететь к исследуемому объекту, чтобы не попасть в притяжение черной дыры, для этого он должен пролететь дальше расстояния, на котором вторая космическая скорость равна скорости света.

Решение

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Для второй космической скорости имеем:

Подставив вместо v скорость света c , и выразив R , получим формулу для

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}$$

определения необходимого расстояния от чёрной дыры:

Подставляя в неё числовые значения, окончательно получим:

$$r_g = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,6 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 1,956 \cdot 10^{13} \text{ метров.}$$

критерии:

использование формулы для второй космической скорости - **2 балла**

получение формулы для гравитационного радиуса чёрной дыры - **4 балла**

получение правильного числового результата - **2 балла**

Задание 5. В Крымской астрофизической обсерватории в п. Научный (широта $44^\circ 43'$) 21 июня планируется провести наблюдение противосияния (слабое размытое светлое пятно на ночном небе, как правило, имеет форму диффузного светлого пятна диаметром $\sim 10^\circ$ в плоскости эклиптики, наблюдаемого с противоположной стороны от Солнца (элонгация в 180°)). На какой высоте над горизонтом будет верхняя кульминация центра противосияния? В какое время будет происходить это событие?

Решение: 21 июня – это день летнего солнцестояния. Склонение Солнца в этот день равно $\delta = +23^\circ 27'$. Т.к. противосияние располагается в диаметрально противоположной Солнцу точке небесной сферы, то это положение соответствует области неба, в которой Солнце находится в день зимнего солнцестояния. Таким образом, 21 июня склонение центра противосияния равно $\delta = -23^\circ 27'$. Верхняя кульминация центра противосияния в п. Научный в этот день происходит к югу от зенита на высоте:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 44^\circ 43' - 23^\circ 27' = 21^\circ 50'$$

В момент верхней кульминации противосияния Солнце располагается в нижней кульминации, когда местное истинное солнечное время, соответственно, равно 24h или 0h.

Критерии:

Записано значение склонения Солнца 21 июня – **1 балл**

Записано значение склонения точки зимнего солнцестояния – **2 балл**

Записана формула нахождения верхней кульминации – **2 балл**

Определено верное значение кульминации – **1 балл**

Определено значение местного времени в момент верхней кульминации – **2 балла**

Задание 6. Виктор наблюдал за двумя объектами и определил, что они обращаются практически по круговым орбитам вокруг Солнца, лежащим в плоскости эклиптики. В результате длительных наблюдений Виктор определил периоды обращения этих небесных тел - 265 суток и - 28 месяцев. Определите:

а) на каком максимальном угловом расстоянии от Солнца Виктор наблюдал 1 небесное тело?

б) на каком максимальном угловом расстоянии от Солнца Виктор наблюдал 2 небесное тело?

Ответы приведите в градусах. Считать, что в году 365 суток, а в месяце 30.

Решение:

В соответствии с третьим законом Кеплера

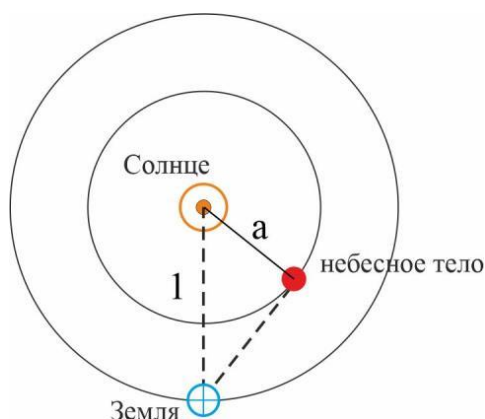
$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{T_{\text{Земли}}^2}{R_{\text{Земли}}^3} = 1 \left[\frac{\text{год}^2}{\text{а. е.}^3} \right], \text{ тогда } a = \sqrt[3]{T^2}$$

Определим радиусы орбиты a первого и второго объекта (при вычислениях надо выразить T в годах).

$$a_1 = 0,8 \text{ а.е.}; a_2 = 1,75 \text{ а.е.}$$

Так как первый объект имеет радиус орбиты меньше 1 а. е., а второй – больше, для второго тела можно сразу дать ответ на вопрос б) задачи – максимальное угловое удаление этого тела от Солнца будет равно 180° .

Для внутреннего тела угловое удаление от Солнца максимально во время элонгации. (см рисунок). В получившемся прямоугольном треугольнике известны две стороны, а требуется найти угол, противолежащий катету a :



В получившемся прямоугольном треугольнике известны две стороны, а требуется найти угол, противолежащий катету a : $\sin \alpha = a_1 / 1 = 0,8$, тогда $\alpha = \arcsin 0.8 \approx 53^\circ$.

Ответ: а) $\approx 53^\circ$ б) 180° .

Критерии оценивания:

Верная запись 3 закона Кеплера – **1 балл**.

Верный расчет радиусов орбит указанных объектов – **2 балла**.

Верный вывод о максимальном угловом отклонении второго объекта - **2 балла**

Верный вывод о максимальном угловом удалении планеты во время элонгации (запись о прямоугольном треугольнике Солнце-Земля -объект) – **1 балл**

Верный расчет угловых отклонений для пунктов а и в – **2 балла**.

Табличные данные:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2},$$

$$\text{Скорость света } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$M_{\text{Солнца}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}, \quad M_{\text{Юпитера}} = 1,899 \cdot 10^{27} \text{ кг}, \quad M_{\text{Венеры}} = 4,869 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$