

Школьный этап по астрономии

Астрономия. 9 класс. Ограничение по времени 60 минут

Дыры оптом и в розницу. Вариант №1

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

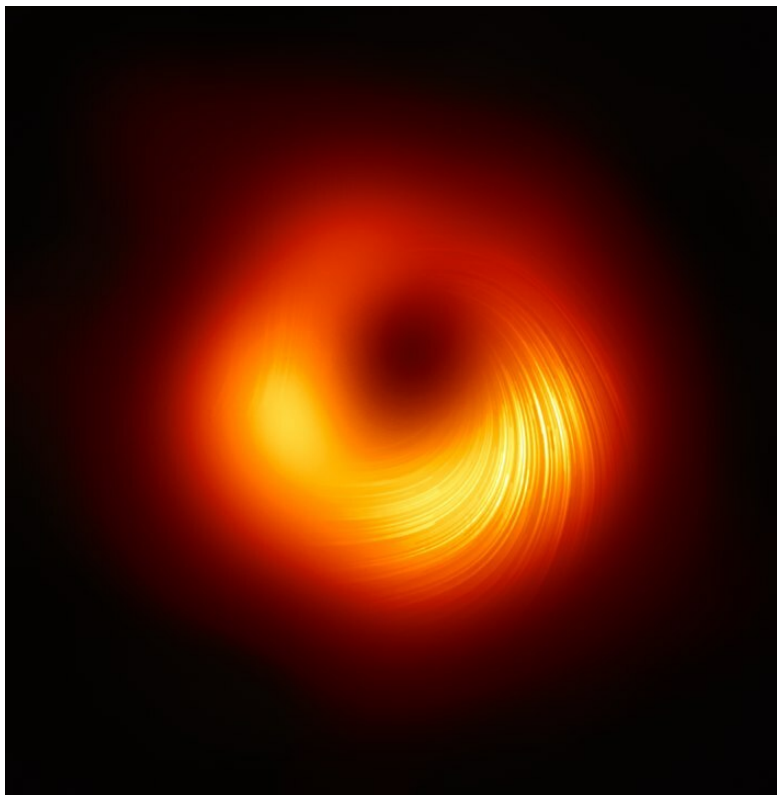


Рис.1 Сверхмассивная чёрная дыра в центре галактики М 87. Это первое в истории качественное изображение тени чёрной дыры, полученное напрямую в радиодиапазоне (Event Horizon Telescope)

Радиус горизонта событий черной дыры рассчитывается из условия, что вторая космическая скорость на горизонте событий равна скорости света. $c^2 = \frac{2GM}{R}$ Объем сферы считается по формуле $\frac{4}{3}\pi R^3$

Ответьте на следующие вопросы:

Определите плотность черной дыры, если ее масса будет равна массе Солнца. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите А, во второе -- В

Правильные ответы:

3 балла

Определите плотность черной дыры в центре нашей Галактики, массой 4.5 млн. солнечных. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите A, во второе -- B

Правильные ответы:

3 балла

Определите массу черной дыры, если ее плотность такая же, как у нейтронной звезды массой 1.4 массы Солнца и радиусом 15 км. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, Определите массу черной дыры, если ее плотность такая же, как у нейтронной звезды массой 1.4 массы Солнца и радиусом 15 км. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите A, во второе -- B

Правильные ответы:

2 балла

Решение задачи:

На первом этапе стоит получить формулу для плотности черной дыры:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$$

В условии задачи дана только масса черной дыры, но нет радиуса. Но если внимательно прочитать условие задачи, то в нем можно найти дополнительную взаимосвязь между массой и радиусом горизонта событий черной дыры.

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

Следовательно, итоговая формула должна выглядеть, как:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}$$

Мы получили формулу для плотности черной дыры, в которой есть только одна независимая величина - M - масса черной дыры. А остальные величины в формуле константы.

Для решения первого и второго пункта достаточно сделать подстановку значений в полученную формулу.

В пункте 1 подставляем 1 массу Солнца = $2 \cdot 10^{30}$ кг.

$$= 1,8 \cdot 10^{19} \text{ кг/м}^3$$

В пункте 2 подставляем 4.5 млн. масс Солнца = $9 \cdot 10^{36}$ кг.

$$= 9 \cdot 10^5 \text{ кг/м}^3$$

В пункте 3 преобразуем формулу для нахождения массы при заданной плотности:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2} \Rightarrow M = \sqrt{\frac{3c^6}{32\pi G^3 \rho}}$$

И следовательно получим массу $1.9 \cdot 10^{31}$ кг

Автор: Игнатъев В.Б.

Рис.1 Сверхмассивная чёрная дыра в центре галактики М 87. Это первое в истории качественное изображение тени чёрной дыры, полученное напрямую в радиодиапазоне (Event Horizon Telescope)

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D1%91%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D1%8B%D1%80%D0%B0#/

За решение задачи **8 баллов**

Дыры оптом и в розницу. Вариант №2

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

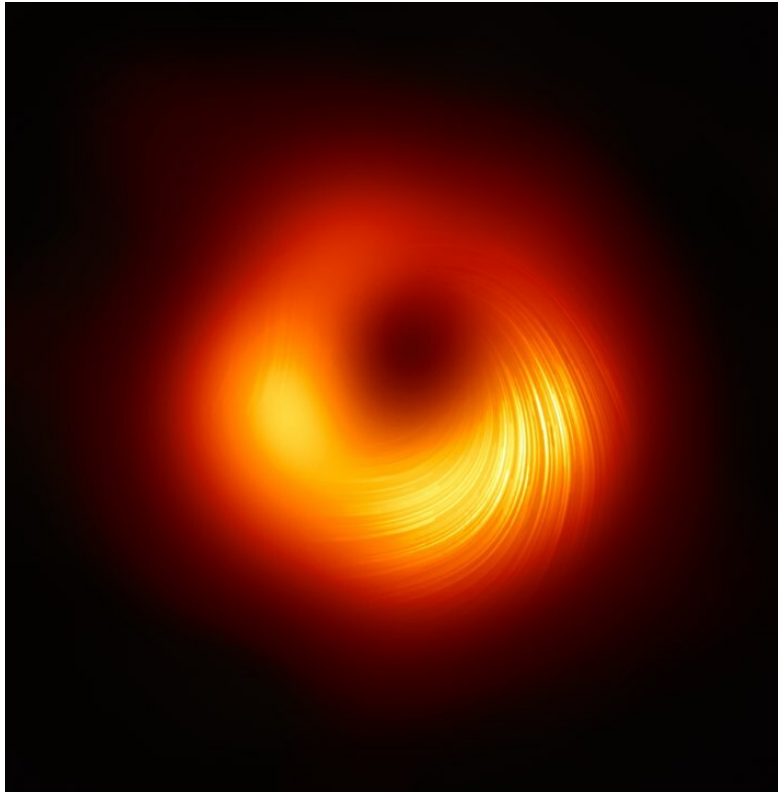


Рис.1 Сверхмассивная чёрная дыра в центре галактики М 87. Это первое в истории качественное изображение тени чёрной дыры, полученное напрямую в радиодиапазоне (Event Horizon Telescope)

Радиус горизонта событий черной дыры рассчитывается из условия, что вторая космическая скорость на горизонте событий равна скорости света. $c^2 = \frac{2GM}{R}$ Объем сферы считается по формуле $\frac{4}{3}\pi R^3$

Ответьте на следующие вопросы:

Определите массу черной дыры, если ее плотность такая же, как у нейтронной звезды массой 1.4 масс Солнца, и радиусом 15 км. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите А, во второе -- В

Правильные ответы:

3 балла

Определите массу черной дыры, если ее плотность такая же, как у белого карлика массой 1.2 солнечной и радиусом 10000 км. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите A, во второе -- B

Правильные ответы:

3 балла

Определите массу возможной черной дыры, если ее плотность такая же, как средняя плотность Земли 5.5 г/см³. Введите в первое поле целую часть числа с точностью до 1 знака, во второе поле порядок, т.е. если Ваш результат $A \cdot 10^B$, то в первое поле введите A, во второе -- B

Правильные ответы:

2 балла

Решение задачи:

На первом этапе стоит получить формулу для плотности черной дыры:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$$

В условии задачи дана только масса черной дыры, но нет радиуса. Но если внимательно прочитать условие задачи, то в нем можно найти дополнительную взаимосвязь между массой и радиусом горизонта событий черной дыры.

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

Следовательно, итоговая формула должна выглядеть, как:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}$$

Мы получили формулу для плотности черной дыры, в которой есть только одна независимая величина - M - масса черной дыры. А остальные величины в формуле константы.

Преобразуем формулу для нахождения массы при заданной плотности:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2} \Rightarrow M = \sqrt{\frac{3c^6}{32\pi G^3 \rho}}$$

И следовательно в пункте 1 получим массу $1.9 \cdot 10^{31}$ кг

В пункте 2 получим массу = $3.6 \cdot 10^{35}$ кг.

В пункте 3 получим массу = $1.1 \cdot 10^{38}$ кг

Автор: Игнатъев В.Б.

Рис.1 Сверхмассивная чёрная дыра в центре галактики М 87. Это первое в истории качественное изображение тени чёрной дыры, полученное напрямую в радиодиапазоне (Event Horizon Telescope)

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D1%91%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D1%8B%D1%80%D0%B0#/

За решение задачи **8 баллов**

Воздушный шар для Венеры. Вариант №1

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

11 июня 1985 года космический аппарат «Вега-1» (СССР) начал спуск в атмосферу Венеры. Научная аппаратура была размещена в гондолу аэростатного зонда диаметром 3.54 м с гелиевым наполнением. В течение 46 часов зонд дрейфовал по ночной стороне Венеры на высоте 53 км, где температура окружающей атмосферы равнялась 40°C , а давление – 0.6 атмосфер. Считать зонд шаром, объем которого вычисляется по формуле $\frac{4}{3}\pi R^3$, а объем полезной нагрузки значительно меньше объема баллона.



Рис.1 Аэростатный зонд станции «Вега»

Какую плотность имела атмосфера Венеры на этой высоте, если гондола имела массу 6.9 кг, оболочка зонда и капроновый фал- 12.5 кг, а гелий в оболочке шара имел массу 2.1 кг? Ответ представьте в единицах системы СИ.

Правильный ответ:

6 баллов

Воздушный шар для Венеры. Вариант №2

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

15 июня 1985 года космический аппарат «Вега-2» (СССР) начал спуск в атмосферу Венеры. Научная аппаратура была размещена в gondole аэростатного зонда диаметром **3.54** м с гелиевым наполнением. В течение **46** часов зонд дрейфовал по ночной стороне Венеры на высоте **53** км, где температура окружающей атмосферы равнялась **40°C**, а давление – **0.7** атмосфер. Считая, что плотность атмосферы Венеры на этой высоте равнялась **0.118 кг/м³**, оболочка зонда и капроновый фал имели массу **12.5** кг, а гелий в оболочке шара имел массу **2.1** кг. Ответьте на приведенные ниже вопросы.

Считать зонд шаром, объем которого вычисляется по формуле $\frac{4}{3}\pi R^3$, а объем полезной нагрузки значительно меньше объема баллона.



Рис.1 Аэростатный зонд станции «Вега»

Какую плотность имела атмосфера Венеры на этой высоте? Ответ представьте в единицах системы СИ.

Правильный ответ:

6 баллов

какую массу могли бы иметь гондола и аппаратура в ней, чтобы зонд удерживался на этой высоте? Ответ представьте в единицах системы СИ

Правильный ответ:

7.3

2 балла

Решение задачи:

Для решения задачи нужно знать объем шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot 3.543 = 185.7\text{м}^3$

Из условия следует, что на этой высоте зонд находился в устойчивом равновесии. Это означает, что выполняется условие равенства силы тяжести и силы Архимеда: $F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}}$ или $\rho_{\text{атм}}gV = Mg$. Решение задачи "по действиям" сильно усложнит получение ответа, так как обе силы зависят от ускорения свободного падения для Венеры. Но этот же факт позволяет упростить решение, сократив одинаковые множители в уравнении. Тогда $\rho_{\text{атм}}V = M$. Тогда плотность атмосферы будет равна средней плотности зонда. $\rho_{\text{атм}} = \frac{M}{V}$.

Общая масса аппарата равна $M = 6,9\text{кг} + 12,5\text{кг} + 2,1\text{кг} = 21,5\text{кг}$.

Масса полезной нагрузки равна: $M - m_{\text{гелия}} - m_{\text{оболочки}} = 21,9\text{кг} - 12,5\text{кг} - 2,1\text{кг} = 7,3\text{кг}$.

Автор: Пополитова И.В.

Ссылка на Рис.1:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B3%D0%B0_\(%D0%90%D0%9C%D0%A1\)#/media/%D0%A4%D0%BC_Nazy_museum.jpg](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B3%D0%B0_(%D0%90%D0%9C%D0%A1)#/media/%D0%A4%D0%BC_Nazy_museum.jpg)

За решение задачи 8 баллов

Куда смотреть?. Вариант №1

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

Юный астроном Федя, который проводит свои наблюдения на даче в Егорьевске, выставил свой телескоп с альт-азимутальной монтировкой в меридиан и собрался наблюдать Мирфак (Персея) в верхней и в нижней кульминации. Широта его дачи равна $55,38^\circ$, долгота $39,03^\circ$, а склонение Мирфака равно $49^\circ 51'$.

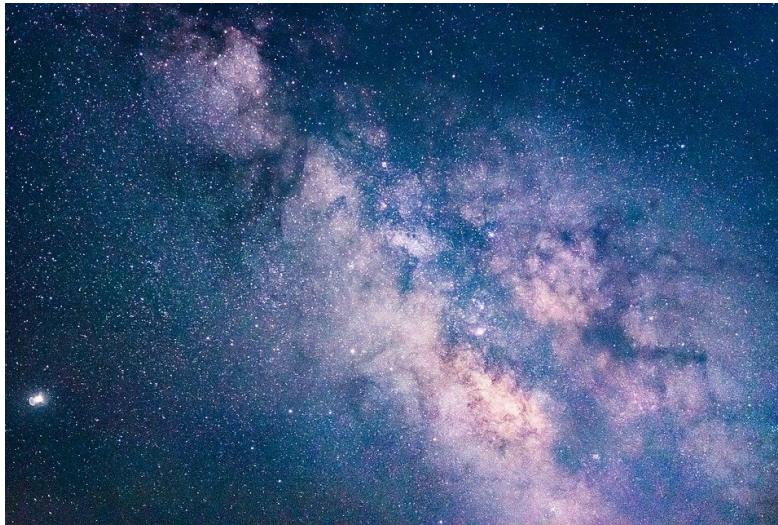


Рис.1 Снимок Млечного пути

Найдите МАКСИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО градусы

Правильный ответ:

2 балла

Найдите МАКСИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО минуты.

Правильный ответ:

1 балл

Найдите МИНИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО градусы

Правильный ответ:

2 балла

Найдите МИНИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО минуты

Правильный ответ:

1 балл

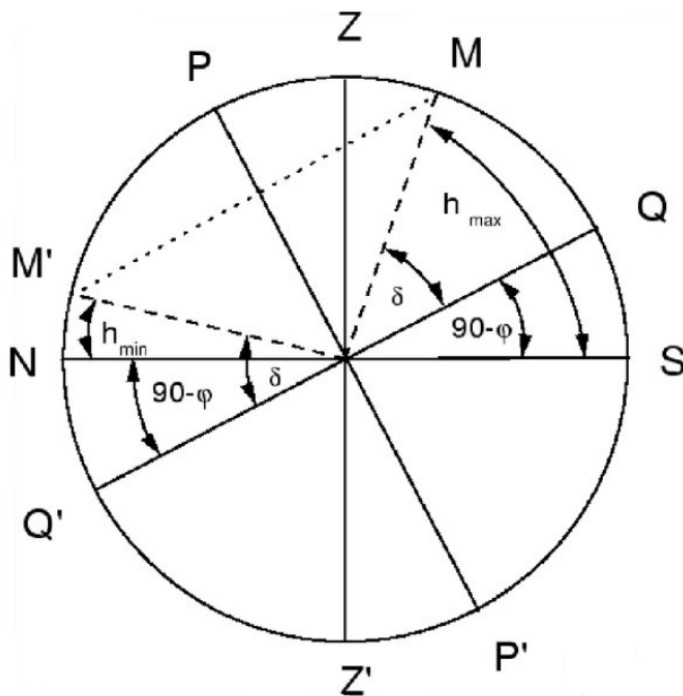
Сколько времени пройдет между моментами прохождения звездой минимальной и максимальной высоты? В первое поле введите количество ЧАСОВ, а во второе – количество МИНУТ

Правильные ответы:

2 балла

Решение задачи:

Для решения задачи нужно помнить, что угловые минуты составляют $\frac{1}{60}$ от градуса и прежде, чем приступить к расчетам нужно привести угловые единицы к единым размерностям. Тогда широта будет равна: $55,38^\circ = 55^\circ 23'$



Так как склонение звезды меньше широты, то верхняя кульминация будет происходить к югу от зенита. Из чертежа видно, что:

$$h_{min} = \delta - (90^\circ - \varphi) = 49^\circ 51' - 90^\circ + 55^\circ 23' = 15^\circ 14'$$

$$h_{max} = \delta + (90^\circ - \varphi) = 49^\circ 51' + 90^\circ - 55^\circ 23' = 84^\circ 28'$$

Разница времени между верхней и нижней кульминацией составляет 11 часов 58 минут – половину звездных суток

Автор: Пополитова И.В.

Ссылка на Рис.1:

https://cdn.pixabay.com/photo/2020/06/13/17/50/milky-way-5295153_960_720.jpg

За решение задачи **8 баллов**

Куда смотреть?. Вариант №2

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. Если число отрицательное, введите минус (-) перед ним. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов) быть не должно. Пример: -3,14.

Юный астроном Федя, который проводит свои наблюдения на даче в Егорьевске, выставил свой телескоп с альт-азимутальной монтировкой в меридиан и собрался наблюдать Мирфак (Персея) в верхней и в нижней кульминации. Широта его дачи равна $55,87^\circ$, долгота $37,07^\circ$, а склонение звезды равно $40^\circ 57'$.

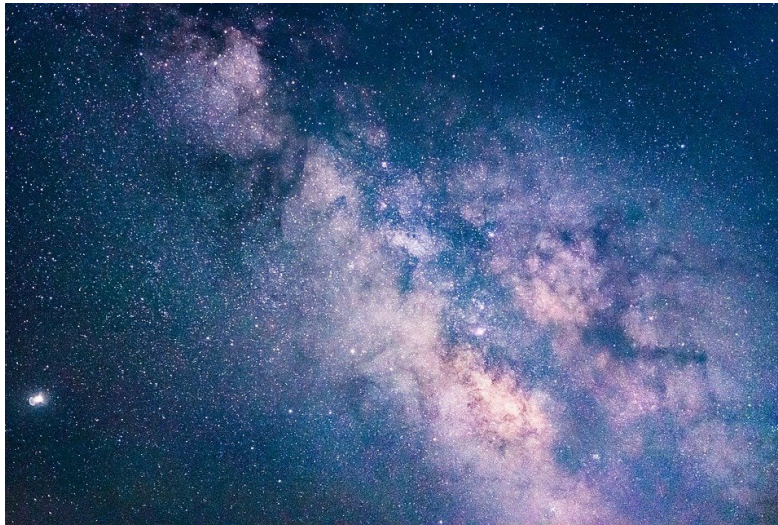


Рис.1 Снимок Млечного пути

Найдите МАКСИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО градусы

Правильный ответ:

2 балла

Найдите МАКСИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО минуты.

Правильный ответ:

1 балл

Найдите МИНИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО градусы

Правильный ответ:

2 балла

Найдите МИНИМАЛЬНУЮ высоту звезды. Укажите ТОЛЬКО минуты

Правильный ответ:

1 балл

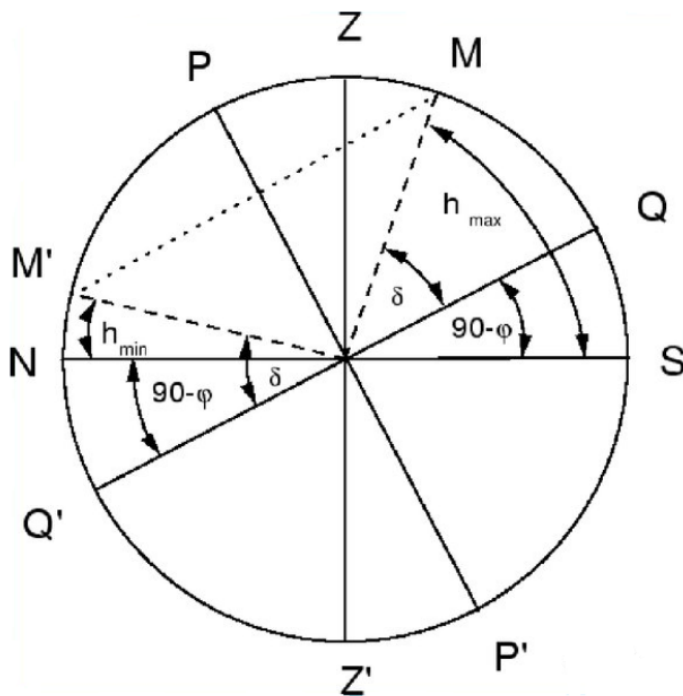
Сколько времени пройдет между моментами прохождения звездой минимальной и максимальной высоты? В первое поле введите количество ЧАСОВ, а во второе – количество МИНУТ

Правильные ответы:

2 балла

Решение задачи:

Для решения задачи нужно помнить, что угловые минуты составляют $\frac{1}{60}$ от градуса и прежде, чем приступить к расчетам нужно привести угловые единицы к единым размерностям. Тогда широта будет равна: $55,87^\circ = 55^\circ 52'$



Так как склонение звезды меньше широты, то верхняя кульминация будет происходить к югу от зенита. Из чертежа видно, что:

$$h_{\min} = \delta - (90^\circ - \varphi) = 40^\circ 57' - 90^\circ + 55^\circ 52' = 6^\circ 19'$$

$$h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi) = 40^\circ 57' + 90^\circ - 55^\circ 52' = 75^\circ 05'$$

Разница времени между верхней и нижней кульминацией составляет 11 часов 58 минут – половину звездных суток

Автор: Пополитова И.В.

Ссылка на Рис.1:

https://cdn.pixabay.com/photo/2020/06/13/17/50/milky-way-5295153_960_720.jpg

За решение задачи **8 баллов**

Кто бы помог пирату. Вариант №1



Рис.1 Схематическая карта Карибского моря

Джек Воробей, находясь в северной части Багамского архипелага (расположенные севернее северного тропика), скучая в штиль, посмотрел на свои морские часы, ровно в тот момент, когда Солнце находилось над точкой юга. На часах было 3 часа и 15 минут дня. На сколько градусов и в каком направлении его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготе от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани?

На сколько градусов и угловых минут его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготе от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани? Укажите градусы

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-3 1-0

3 балла

Укажите угловые минуты

Правильный ответ:

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

В каком направлении его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготы от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани?

- К востоку
- К западу
- К северу
- К югу

1 балл

Решение задачи:

Солнце находится в верхней кульминации для точки, где находится корабль Джека, на **3, 25** часа позже, чем в пиратской гавани. Это означает, что корабль находится западнее гавани.

360 градусов соответствуют **24** часам или **1440** минутам. **1** градус широты будет соответствовать **4** минутам разницы во времени. **3** часа **15** минут=**195** минут, что соответствует **48° 45'**.

Рис.1 Схематическая карта Карибского моря

<https://www.geopoesia.ru/ru/map/caribbean/main.html>

За решение задачи **8 баллов**

Кто бы помог пирату. Вариант №2



Рис.1 Схематическая карта Карибского моря

Джек Воробей, находясь в северной части Багамского архипелага (расположенные севернее северного тропика), скучая в штиль, посмотрел на свои морские часы, ровно в тот момент, когда Солнце находилось над точкой юга. На часах было 10 часов и 15 минут дня. На сколько градусов и в каком направлении его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготе от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани?

На сколько градусов и угловых минут его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготе от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани? Укажите градусы

Правильный ответ:

26

Формула вычисления баллов: 0-3 1-0

3 балла

Укажите угловые минуты

Правильный ответ:

15

Формула вычисления баллов: 0-4 1-0

4 балла

В каком направлении его корабль "Черная жемчужина" удалился по долготы от родного порта, если время на часах было выставлено по полудню в пиратской гавани?

- К югу
- К востоку
- К западу
- К северу

1 балл

Решение задачи:

Солнце находится в верхней кульминации для точки, где находится корабль Джека, на **1, 75** часа раньше, чем в пиратской гавани. Это означает, что корабль находится восточнее гавани.

360 градусов соответствуют **24** часам или **1440** минутам. **1** градус широты будет соответствовать **4** минутам разницы во времени. **1** часа **45** минут=**105** минут, что соответствует **26° 15'**.

Рис.1 Схематическая карта Карибского моря

<https://www.geopoesia.ru/ru/map/caribbean/main.html>

За решение задачи **8 баллов**

Найди затмение. Вариант №1

Если все варианты одновременно не помещаются в окно браузера, можно воспользоваться сочетанием клавиш *ctrl + (-)* (*cmd + (-)* для Mac) для уменьшения масштаба окна

Перед вами несколько астрономических фотографий. Укажите к каждому изображению, что на нем запечатлено: солнечное, лунное затмение, или явление, не связанное с солнечными или лунными затмениями. Для увеличения изображения нажмите на него.

Не затмение



Солнечное затмение



Солнечное затмение



Не затмение



Лунное затмение



Лунное затмение



Не затмение



Не затмение



Доступные варианты ответов (каждый может быть использован несколько раз):

Лунное затмение

Солнечное затмение

Не затмение

Формула вычисления баллов: 0-8 1-7 2-6 3-5 4-4 5-3 6-2 7-1 8-0

Решение задачи:

- 1) Не затмение – «Тень» Черной дыры в галактике M87;
- 2) Солнечное затмение - Его полная фаза;
- 3) Солнечное затмение – Частная фаза затмения;
- 4) Не затмение – Красная Луна у горизонта. Красная. Приобретает такой цвет из-за близости к горизонту (слой атмосферы утолщается, синий свет рассеивается в ней, а красный проходит через нее);
- 5) Лунное затмение – частные фазы Лунного затмения;
- 6) Лунное затмение – Полная фаза Лунного затмения;
- 7) Не затмение – Спутник Сатурна Диона;
- 8) Не затмение - Фаза Луны: видно, что диаметр серпа совпадает с диаметром Луны.

За решение задачи **8 баллов**

Найди затмение. Вариант №2

Если все варианты одновременно не помещаются в окно браузера, можно воспользоваться сочетанием клавиш *ctrl + (-)* (*cmd + (-)* для Mac) для уменьшения масштаба окна

Перед вами несколько астрономических фотографий. Укажите к каждому изображению, что на нем запечатлено: солнечное, лунное затмение, или явление, не связанное с солнечными или лунными затмениями. Для увеличения изображения нажмите на него.

Не затмение



Солнечное затмение



Солнечное затмение



Не затмение



Лунное затмение



Лунное затмение



Не затмение



Не затмение



Доступные варианты ответов (каждый может быть использован несколько раз):

Не затмение

Лунное затмение

Солнечное затмение

Формула вычисления баллов: 0-8 1-7 2-6 3-5 4-4 5-3 6-2 7-1 8-0

Решение задачи:

- 1) Не затмение – «Тень» Черной дыры в галактике M87;
- 2) Солнечное затмение - Полная кольцеобразная фаза солнечного затмения;
- 3) Солнечное затмение – Частная фаза кольцеобразного солнечного затмения;
- 4) Не затмение – Красная Луна у горизонта. Красная. Приобретает такой цвет из-за близости к горизонту (слой атмосферы утолщается, синий свет рассеивается в ней, а красный проходит через нее);
- 5) Лунное затмение – Частная фаза, очень близко к полной, Лунного затмения;
- 6) Лунное затмение – Полная фаза Лунного затмения;
- 7) Не затмение – Спутник Сатурна Диона;
- 8) Не затмение - Фаза Луны: видно, что диаметр серпа совпадает с диаметром Луны.

За решение задачи **8 баллов**