

**Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по астрономии
для 10-11 классов**

2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 100

Задание № 1.1

Условие:

Выберите верные утверждения:

Ответ:

- Планетарные туманности образуются после разрушения планет
- В результате эволюции звезды может образоваться чёрная дыра
- Шаровые скопления состоят из молодых звёзд
- Вокруг звезды могут обращаться не только планеты, но и другие звёзды
- Рассеянные звёздные скопления находятся в диске нашей Галактики
- Расстояние до большинства галактик не превышает 1 мегапарсека
- Все галактики удаляются от нас

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Звёзды могут быть одиночными, как Солнце, или входить в гравитационно-связанные системы из двух и более звёзд (так называемые двойные и кратные звёзды). Большие группы звёзд называют скоплениями. Они бывают рассеянными и шаровыми. Рассеянные скопления состоят из молодых звёзд и находятся в диске нашей Галактики. Шаровые звёздные скопления находятся в баре (перемычке) и галактическом гало и состоят из сотен тысяч

старых звёзд с низким содержанием металлов. В результате эволюции массивных звёзд образуется чёрная дыра. Планетарные туманности — итог эволюции звёзд средней массы. К планетам эти туманности не имеют отношения: их назвали «планетарными» за округлую форму, которая при наблюдении в телескоп делает их похожими на диски планет.

Большинство галактик удаляются от нас из-за расширения Вселенной. Но не все — близкие галактики могут приближаться к Млечному Пути, так как на небольших расстояниях космологические эффекты малы и основную роль играет гравитационное взаимодействие. Так, одна из самых близких к нам галактик, Туманность Андромеды, находится на расстоянии 0.76 Мпк и приближается со скоростью около 300 км/с.

Задание № 1.2

Условие:

Выберите верные утверждения:

Ответ:

- Планетарные туманности образуются после разрушения планет
- В результате эволюции звезды не может образоваться чёрная дыра
- В диске нашей Галактики практически нет рассеянных скоплений
- Расстояние до большинства галактик больше 1 мегапарсека
- Некоторые галактики приближаются к нам
- Вокруг звезды могут обращаться не только планеты, но и другие звёзды
- Шаровые скопления состоят из молодых звёзд

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с заданием 1.1

Задание № 2.1

Условие:

Известно, что горизонтальный параллакс Солнца равен 8.8 угловой секунды. Выберите объекты, горизонтальный параллакс которых может превышать 1 угловую секунду:

Ответ:

- Комета Галлея
- Макемаке
- Церера
- Крабовидная туманность
- Плеяды
- Меркурий
- Ио
- Плутон

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Параллакс обратно пропорционален расстоянию до объекта. Расстояние до Солнца равно 1 астрономической единице, соответственно, горизонтальный параллакс будет равен 1 угловой секунде для объекта, который находится в 8.8 раз дальше Солнца, то есть на расстоянии 8.8 а. е. от Земли. Это больше радиуса орбиты Юпитера, но немного меньше радиуса орбиты Сатурна. Если объект расположен ближе 8.8 а. е., то его параллакс будет больше 1". В списке это Меркурий (внутренняя планета, поэтому бывает к Земле даже ближе, чем Солнце), Ио (спутник Юпитера, минимальное

расстояние до Земли около 4 а. е.), Церера (карликовая планета в Главном поясе астероидов, который расположен между орбитами Марса и Юпитера) и комета Галлея (исходя из того, что комета хорошо известна благодаря своей яркости, несложно догадаться, что в перигелии она может находиться достаточно близко к Земле). Параллакс остальных объектов меньше 1": Плутон и Макемаке — карликовые планеты, находящиеся в поясе Койпера за орбитой Нептуна, рассеянное звёздное скопление Плеяды и Крабовидная туманность вообще находятся далеко за пределами Солнечной системы.

Задание № 2.2

Условие:

Известно, что горизонтальный параллакс Солнца равен 8.8 угловой секунды. Выберите объекты, горизонтальный параллакс которых **НЕ** может превышать 1 угловую секунду:

Ответ:

- ✓ Макемаке
- Комета Галлея
- Церера
- ✓ Плутон
- ✓ Крабовидная туманность
- Ио
- Меркурий
- ✓ Плеяды

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 1 балл

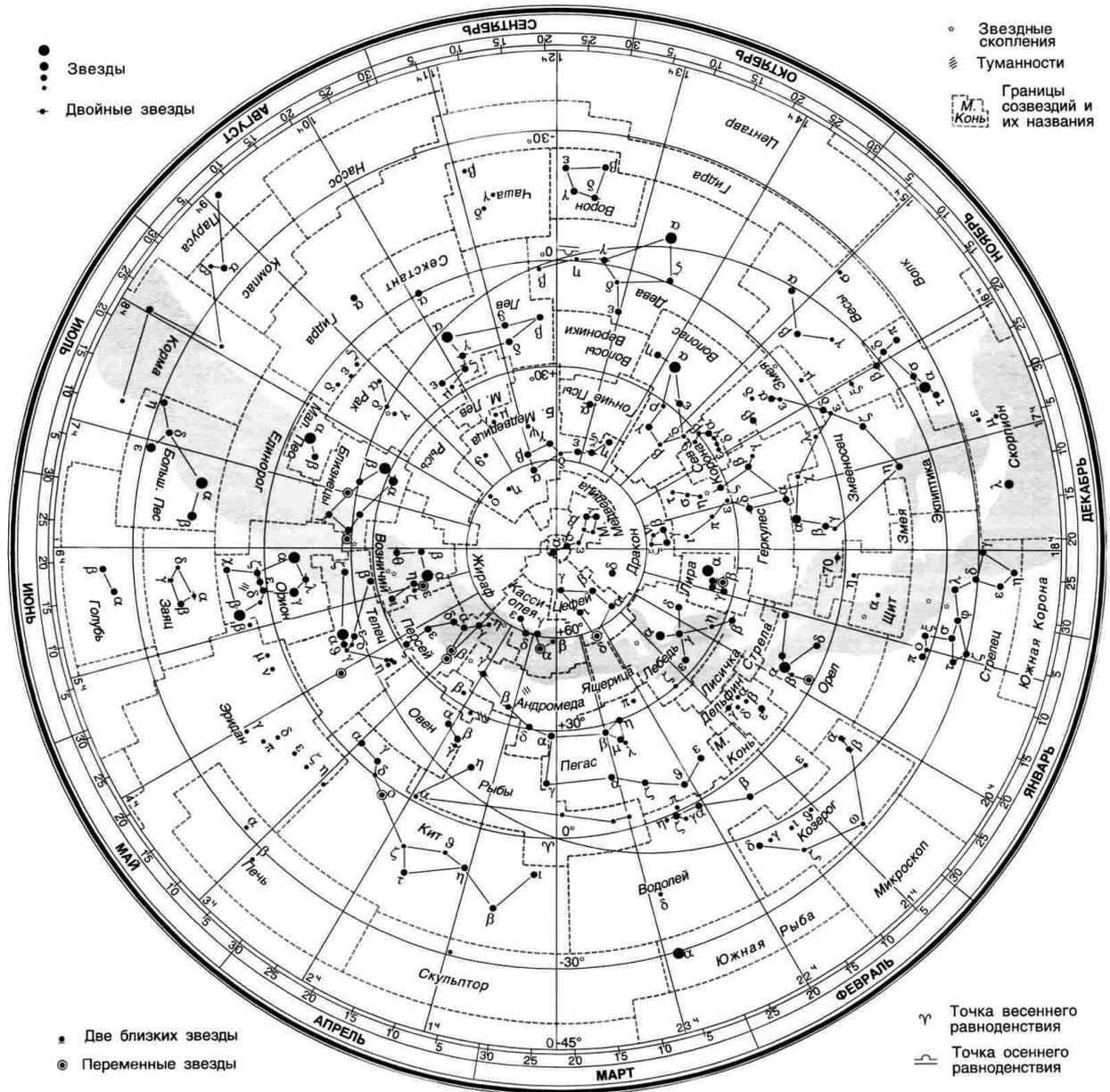
Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с заданием 2.1

Задание № 3

Общее условие:

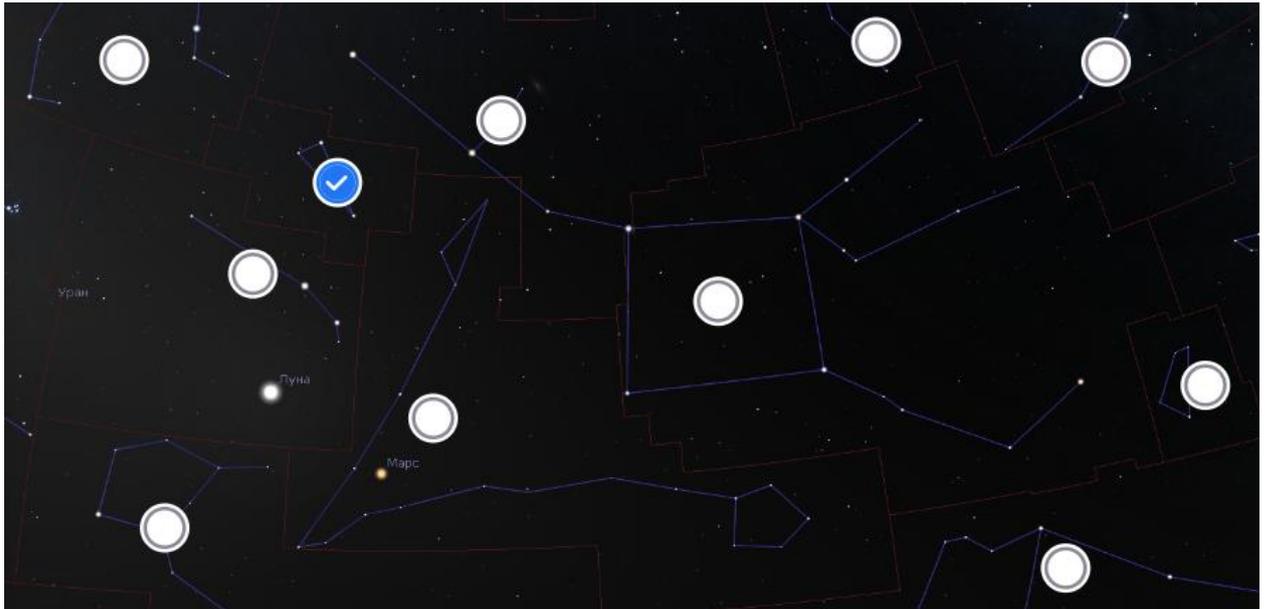
В этом задании вы можете использовать карту звёздного неба.



Условие:

Отметьте на изображении созвездие Треугольника:

Ответ:



Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Какой известный астеризм присутствует на изображении?

Ответ:

- Большой Ковш
- Большой квадрат Пегаса
- Ложный Крест
- Каскад Кембла
- Летний треугольник
- Пояс Ориона

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Что находится в точке, отмеченной стрелкой?



Ответ:

- Марс
- Луна
- Туманность Андромеды
- Полюс мира
- Центр Млечного Пути
- Плеяды
- Точка весеннего равноденствия
- Чёрная дыра

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

Созвездие Треугольника находится выше и левее центра изображения, между созвездиями Овна, Рыб, Персея и Андромеды, и содержит астеризм соответствующей формы. Также на рисунке присутствует астеризм Большой квадрат, образованный тремя звёздами созвездия Пегаса и одной звездой созвездия Андромеды (левый верхний угол «квадрата»). Туманное пятнышко в созвездии Андромеды, отмеченное стрелкой, — это, конечно, видимая

невооружённым глазом галактика Андромеды, которую исторически называют также Туманностью Андромеды.

Задание № 4

Условие:

Установите соответствие между объектами, которые находятся в одном и том же созвездии.

Ответ:

Центр Млечного Пути	Точка зимнего солнцестояния
Солнце 1 сентября	Регул
Луна в первой четверти 21 декабря	Точка весеннего равноденствия
Плеяды	Точка летнего солнцестояния
Бетельгейзе	Туманность Ориона
Северный полюс мира	Полярная звезда

За каждую верную пару — 2 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

Полярная звезда (α Малой Медведицы) расположена менее чем в 1 градусе от Северного полюса мира. Туманность Ориона, разумеется, находится в одноимённом созвездии, также как и Бетельгейзе (α Ориона). Регул — α Льва; в созвездии Льва Солнце находится примерно с 10 августа по 15 сентября. Направление на центр нашей Галактики находится в созвездии Стрельца — там же, где и Солнце в день зимнего солнцестояния. Точка летнего солнцестояния и рассеянное скопление Плеяды находятся в противоположной области эклиптики — в созвездии Тельца. Луна в первой четверти находится в 90° к востоку от Солнца; соответственно, 21 декабря, в день зимнего солнцестояния, Луна в этой фазе будет находиться вблизи точки весеннего равноденствия в созвездии Рыб.

Задание № 5.1

Общее условие:

Рассмотрим характеристики объектов Солнечной системы.

Условие:

Установите соответствие между объектами Солнечной системы и их средними плотностями.

Ответ:

Юпитер	1.33 г/см ³
Марс	3.93 г/см ³
Церера	2.16 г/см ³
Земля	5.52 г/см ³

За каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

Решение.

Планеты земной группы — самые плотные тела в Солнечной системе. Из них наибольшей средней плотностью обладает самая массивная планета — Земля (5.52 г/см³). Средняя плотность Марса заметно меньше — 3.93 г/см³. Астероиды и карликовые планеты обладают ещё меньшей плотностью, например, средняя плотность Цереры — 2.16 г/см³. Конечно, самая маленькая плотность у газовых гигантов — Юпитера (1.33 г/см³) и Сатурна (0.69 г/см³).

Условие:

У скольких планет Солнечной системы есть спутники, которые больше Луны?

Ответ: 2

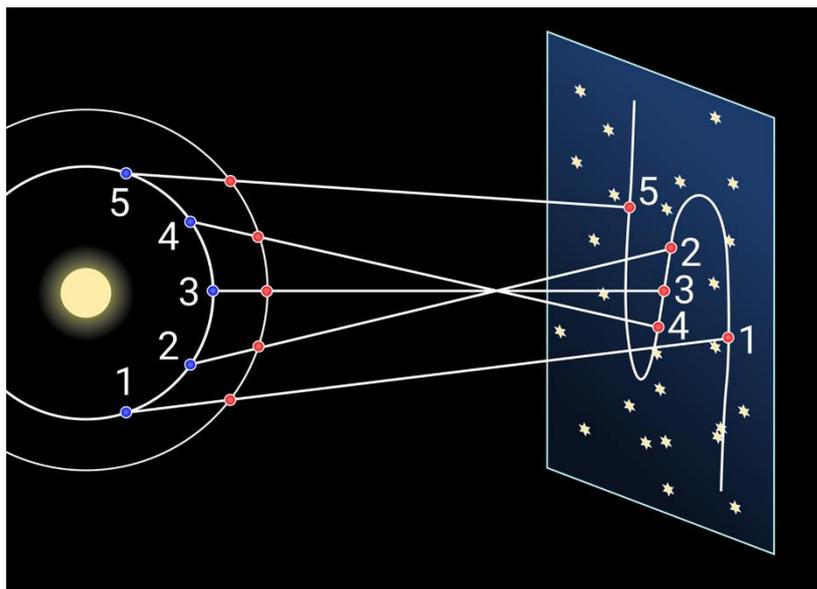
Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Луна — один из самых крупных естественных спутников в Солнечной системе. Больше Луны только 3 из 4 галилеевых спутников Юпитера (Ганимед, Ио и Каллисто; Европа меньше Луны) и Титан, спутник Сатурна. Все спутники Марса, Урана и Нептуна меньше Луны. У Меркурия и Венеры естественных спутников нет.

Условие:

Когда Земля «догоняет» внешнюю планету в своём орбитальном движении, наблюдателю на Земле кажется, что относительно звёзд планета движется в обратном направлении (так называемое попятное движение). На треке планеты относительно звёзд образуется «петля».



Расположите указанные планеты в порядке возрастания промежутка времени между последовательными «петлями» (то есть между моментами, когда планета переходит к попятному движению).

Ответ:

- Нептун
- Уран
- Сатурн

- Юпитер
- Марс

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 16

Решение.

Как следует из схемы, попятное движение у внешних планет наблюдается вблизи их противостояния. Таким образом, промежуток времени между последовательными «петлями» равен синодическому периоду планеты. Чем дальше внешняя планета от Солнца, тем медленнее она движется и тем быстрее Земля её «догоняет» на следующем обороте вокруг Солнца. Иными словами, синодический период внешних планет по мере удаления от Солнца уменьшается и приближается к 1 году. Таким образом, чаще всего «петли» наблюдаются у Нептуна, реже всего — у Марса.

Задание № 5.2

Общее условие:

Рассмотрим характеристики объектов Солнечной системы.

Условие:

Установите соответствие между объектами Солнечной системы и их средними плотностями.

Ответ:

Сатурн	0.69 г/см ³
Церера	2.16 г/см ³
Марс	3.93 г/см ³
Земля	5.52 г/см ³

За каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

Условие:

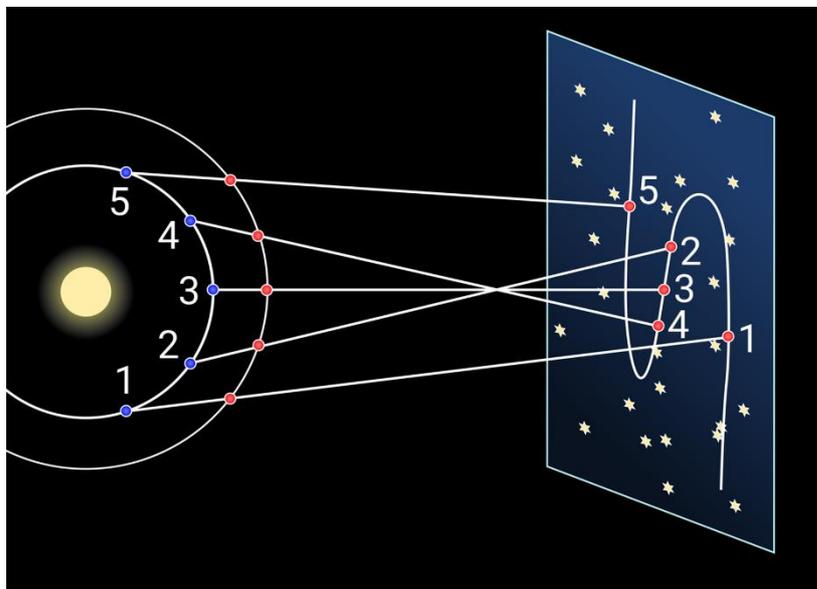
У скольких планет Солнечной системы все естественные спутники не превышают по размерам Луну? Спутники карликовых планет не учитывайте.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Когда Земля «догоняет» внешнюю планету в своём орбитальном движении, наблюдателю на Земле кажется, что относительно звёзд планета движется в обратном направлении (так называемое попятное движение). На треке планеты относительно звёзд образуется «петля».



Расположите указанные планеты в порядке убывания промежутка времени между последовательными «петлями» (то есть между моментами, когда планета переходит к попятному движению).

Ответ:

- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун

Точное совпадение ответа — 5 баллов

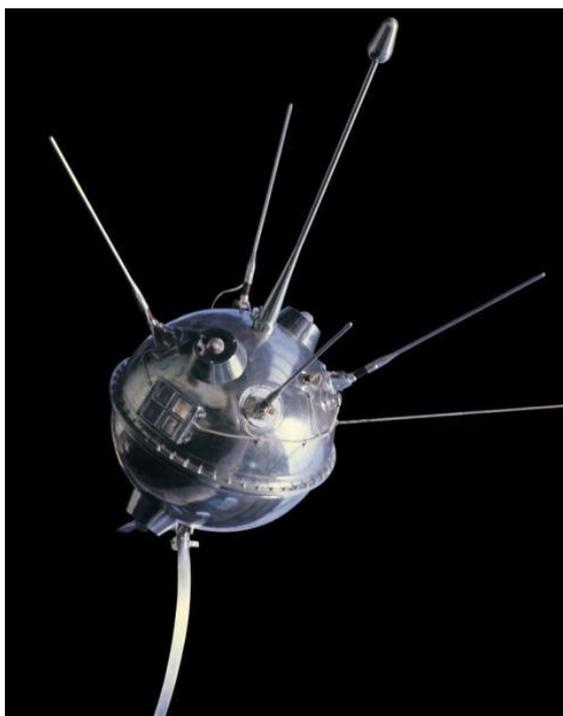
Максимальный балл за задание — 16

Решение по аналогии с заданием 5.1

Задание № 6

Общее условие:

Советская автоматическая межпланетная станция «Луна-1» — первый в мире космический аппарат, достигший второй космической скорости, то есть преодолевший гравитацию Земли и вышедший на орбиту вокруг Солнца.



Условие:

Чему равна вторая космическая скорость для поверхности Земли?

Ответ:

- 5 км/ч
- 7.9 км/с
- 11.2 км/с
- 16 км/с
- 30 км/с
- 42 км/с

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

На поверхности Земли первая и вторая космические скорости составляют 7.9 и 11.2 км/с соответственно.

Условие:

Во сколько раз вторая космическая скорость больше первой космической?

Ответ:

- В 2 раза
- В 4 раза
- В 10 раз
- В 16 раз
- В $\sqrt{2}$ раза
- Зависит от небесного тела

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Вторая космическая скорость больше первой космической в $\sqrt{2}$ раза.

Условие:

Рассмотрим тела с одинаковой плотностью. Как первая космическая скорость V на их поверхности будет зависеть от радиуса R этих тел?

Ответ:

- $V \propto R$
- $V \propto R^2$
- $V \propto R^3$
- $V \propto 1/R$
- $V \propto 1/R^2$
- $V \propto 1/\sqrt{R}$

- $V \propto R^{3/2}$
- $V \propto R^{-3/2}$

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Выразим первую космическую скорость V через плотность ρ и радиус тела R , считая его шаром:

$$V = (GM \div R)^{1/2} = (G \cdot \rho \cdot 4/3 \cdot \pi R^3 \div R)^{1/2} = R \cdot (4/3 \cdot G\rho\pi)^{1/2}$$

Таким образом, при равных плотностях $V \propto R$.

Условие:

В 1957 году, после запуска первого искусственного спутника Земли, французский бизнесмен-винодел Анри Мэр заключил с советским консулом пари на тысячу бутылок шампанского. Ровно через 2 года после запуска первого спутника, 4 октября 1959 года, в космос была отправлена автоматическая межпланетная станция «Луна-3», результаты работы которой вынудили Анри Мэра признать поражение.



Что, по мнению Анри Мэра на момент заключения пари, никогда не смогут сделать советские спутники, и что в реальности удалось сделать «Луна-3»?

Ответ:

- Увидеть пятна на Солнце

- Измерить высоту гор на Луне
- Вернуться обратно на Землю
- ✓ Сфотографировать обратную сторону Луны

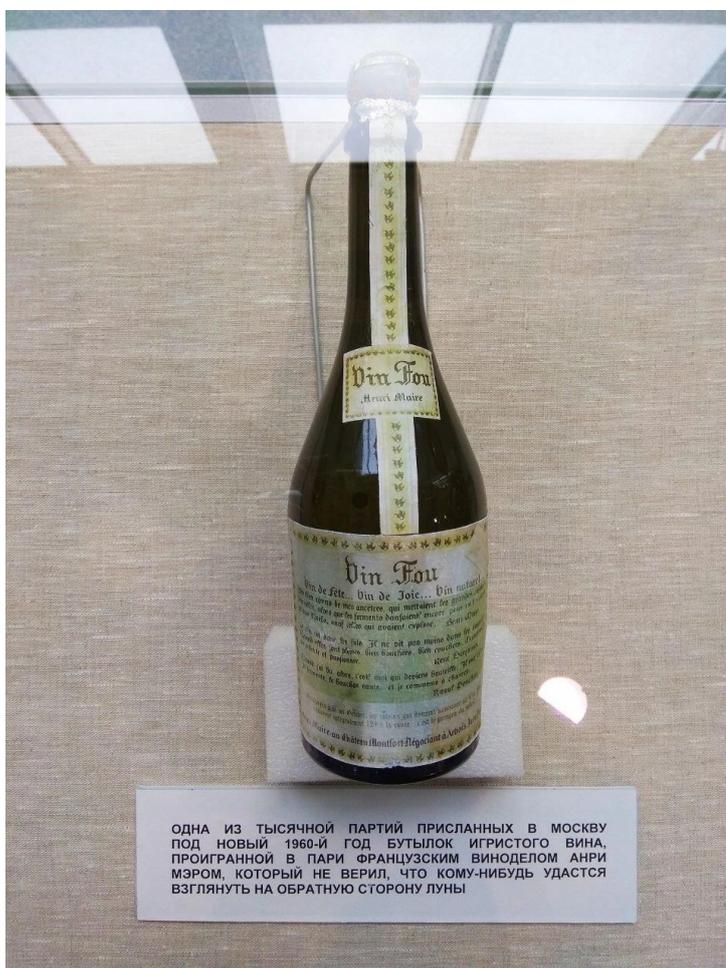
Точное совпадение ответа — 3

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

Чтобы наблюдать пятна на Солнце и горы на Луне, не нужно лететь в космос — они хорошо видны с поверхности Земли в простейший телескоп (что, собственно, и обнаружил Галилео Галилей, догадавшийся взглянуть на небо в подзорную трубу).

Возвращать на Землю космические аппараты нет смысла, если только там не находится живое существо. Так, первыми «возвращенцами» стали собаки Белка и Стрелка, совершившие полёт на советском корабле «Салют-5» в 1960 году.



А «Луна-3», конечно же, сфотографировала обратную сторону Луны. Анри Мэр признал своё поражение в споре и отправил тысячу бутылок шампанского в Академию наук СССР. Некоторые из этих бутылок представлены в экспозициях музеев космонавтики.

Задание № 7.1

Общее условие:

В некоторый момент времени угловое расстояние между Марсом и Полярной звездой составило 113.5 градуса.

Условие:

Наблюдатель находится на 46° с. ш. На какой максимальной высоте он может увидеть Марс? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых. Считайте, что Полярная звезда находится точно в полюсе мира.

Ответ: 20.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Склонение полюса мира (и, соответственно, Полярной звезды) равно $+90^\circ$.

Таким образом, склонение Марса равно $\delta = 90^\circ - 113.5^\circ = -23.5^\circ$.

На широте 46° высота Марса в верхней кульминации составит

$$90^\circ - \phi + \delta = 90^\circ - 46^\circ - 23.5^\circ = 20.5^\circ.$$

Условие:

Определите самую северную широту, на которой в данных обстоятельствах можно наблюдать Марс. Рефракцией и атмосферным поглощением пренебрегите. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 66.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Предельная широта для наблюдения Марса соответствует ситуации, когда его высота в верхней кульминации будет равна нулю. Очевидно, для этого нужно сместиться на север на 20.5° , то есть оказаться на широте $46^\circ + 20.5^\circ = 66.5^\circ$ с. ш. Это широта Северного полярного круга.

Условие:

Предположим, что описанная ситуация совпала с противостоянием Марса. Чему равна разность склонений Солнца и Марса? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 47

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

Марс, как и другие планеты Солнечной системы, движется практически в плоскости эклиптики. По величине склонения Марса понятно, что он находится в точке зимнего солнцестояния. Так как Марс находится в противостоянии, Солнце наблюдается в противоположной точке эклиптики — точке летнего солнцестояния. Таким образом, склонение Солнца равно $+23.5^\circ$ и разница склонений Солнца и Марса равна

$$23.5^\circ + 23.5^\circ = 47^\circ.$$

Задание № 7.2

Общее условие:

В некоторый момент времени угловое расстояние между Марсом и Полярной звездой составило 113.5 градуса.

Условие:

Наблюдатель находится на 52° с. ш. На какой максимальной высоте он может увидеть Марс? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых. Считайте, что Полярная звезда находится точно в полюсе мира.

Ответ: 14.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Условие:

Определите самую северную широту, на которой в данных обстоятельствах можно наблюдать Марс. Рефракцией и атмосферным поглощением пренебрегите. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 66.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Условие:

Предположим, что описанная ситуация совпала с противостоянием Марса. Чему равна разность склонений Солнца и Марса? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 47

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 15

Решение по аналогии с заданием 7.1.

Задание № 7.3

Общее условие:

В некоторый момент времени угловое расстояние между Марсом и Полярной звездой составило 113.5 градуса.

Условие:

Наблюдатель находится на 48° с. ш. На какой максимальной высоте он может увидеть Марс? Ответ выразите в градусах, округлите до десятых. Считайте, что Полярная звезда находится точно в полюсе мира.

Ответ: 18.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Условие:

Определите самую северную широту, на которой в данных обстоятельствах можно наблюдать Марс. Рефракцией и атмосферным поглощением пренебрегите. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 66.5

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Условие:

Предположим, что описанная ситуация совпала с противостоянием Марса. Чему равна разность склонений Солнца и Марса? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 47

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 15

Решение по аналогии с заданием 7.1.

Задание № 8

Общее условие:

На фотографии запечатлён момент максимальной фазы затмения.



Условие:

К какому типу относится это затмение?

Ответ:

- Полное лунное
- Полное солнечное
- Частное лунное
- Частное солнечное
- Кольцеобразное солнечное
- Полутеневое лунное

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

На фотографии представлено кольцеобразное солнечное затмение. Лунные затмения в принципе не бывают кольцеобразными, так как размер земной тени всегда гораздо больше размеров Луны.

Условие:

Во время максимальной фазы затмения яркость затмеваемого тела упала на 98 % по сравнению с обычной. Во сколько раз видимый диаметр затмеваемого тела был больше видимого диаметра затмевающего? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.01

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Падение яркости на 98 % означает, что видимая площадь диска Луны составила 0.98 от площади диска Солнца. Так как площадь диска пропорциональна квадрату его диаметра, получаем:

$$D_{\odot} \div D_{\text{л}} = (S_{\odot} \div S_{\text{л}})^{1/2} = (1 \div 0.98)^{1/2} = 1.01.$$

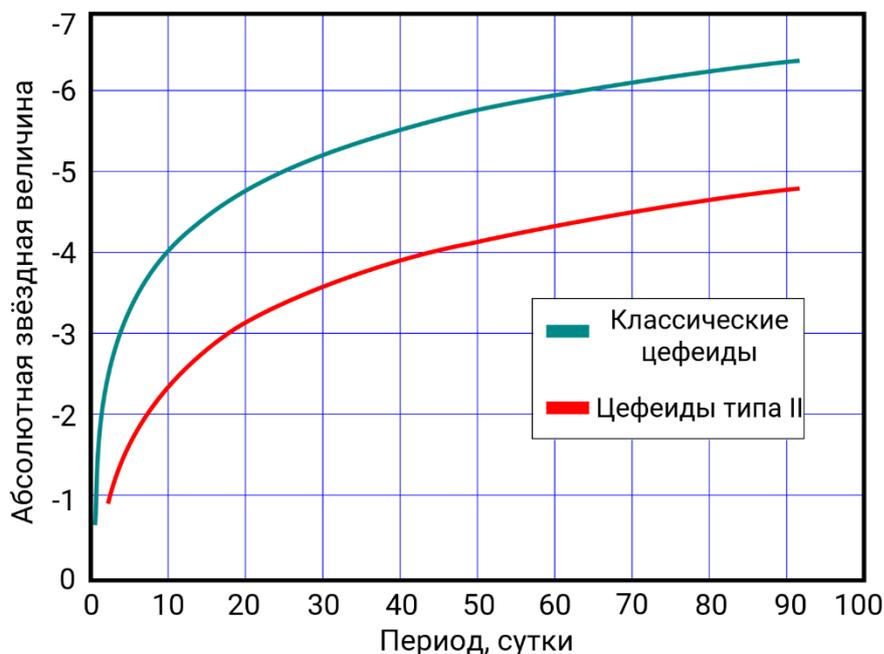
Задание № 9

Условие:

На рисунке представлена зависимость между периодом изменения блеска и светимостью (мощностью излучения) для двух типов переменных звёзд.

Примечание: абсолютная звёздная величина — физическая величина, характеризующая светимость звёзд. Шкала звёздных величин «перевёрнута»: более яркая звезда будет иметь меньшую звёздную величину.

Выберите верные утверждения:



Ответ:

- Любая классическая цефеида ярче любой цефеиды типа II
- Абсолютная звёздная величина классических цефеид с периодом в 10 суток равна -4
- При равных периодах изменения блеска светимость цефеид разных типов различается на 3 звёздных величины
- Чем больше светимость цефеиды, тем больше период изменения её блеска

- ✓ При равных периодах изменения блеска классические цефеиды ярче, чем цефеиды типа II
- Абсолютная звёздная величина цефеид типа II с периодом в 50 суток равна -5

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Всю необходимую информацию можно получить, анализируя представленный график.

«Абсолютная звёздная величина цефеид типа II с периодом в 50 суток равна -5 » – неверно, при периоде в 50 суток их звёздная величина около -4.1 , а значения -5 на представленном графике этот вид цефеид вообще не достигает.

«При равных периодах изменения блеска светимость цефеид разных типов различается на 3 звёздных величины» – неверно, разница меньше двух звёздных величин.

«Любая классическая цефеида ярче любой цефеиды типа II» – неверно. Например, цефеида типа II с периодом 90 суток ярче классической цефеиды с периодом 10 суток.

Остальные утверждения верны.

Задание № 10.1

Условие:

Известно, что светимость единицы площади поверхности звезды пропорциональна четвёртой степени её абсолютной температуры. Выразите светимость звезды в светимостях Солнца, если её температура равна 9900 К, а радиус составляет 1.7 радиуса Солнца. Температуру Солнца примите равной 5800 К. Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24.4; 24.6]

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Светимость единицы площади поверхности звезды пропорциональна четвёртой степени её абсолютной температуры. При этом полная светимость звезды пропорциональна площади её поверхности, то есть квадрату радиуса.

Таким образом, получаем

$$L \div L_{\odot} = (R \div R_{\odot})^2 \cdot (T \div T_{\odot})^4 = 1.7^2 \cdot (9900 \div 5800)^4 \approx 24.5.$$

Матрица ответов к версиям задания 10.

№ задания	Температура звезды (в К)	Радиус звезды (в R_{\odot})	Ответ (засчитывается в диапазоне)
10.1	9900	1.7	[24.4; 24.6]
10.2	6000	1.2	[1.4; 2.0]
10.3	6200	1.29	[1.9; 2.5]
10.4	6400	1.38	[2.5; 3.1]
10.5	6600	1.47	[3.3; 3.9]
10.6	6800	1.56	[4.3; 4.9]
10.7	7000	1.65	[5.5; 6.1]
10.8	7200	1.74	[6.9; 7.5]
10.9	7400	1.83	[8.6; 9.2]
10.10	7600	1.92	[10.6; 11.2]
10.11	7800	2.01	[12.9; 13.5]
10.12	8000	2.1	[15.7; 16.3]
10.13	8200	2.19	[18.9; 19.5]
10.14	8400	2.28	[22.6; 23.2]
10.15	8600	2.37	[26.9; 27.5]
10.16	8800	2.46	[31.8; 32.4]
10.17	9000	2.55	[37.4; 38.0]
10.18	9200	2.64	[43.8; 44.4]
10.19	9400	2.73	[51.1; 51.7]
10.20	9600	2.82	[59.4; 60.0]