

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по астрономии

для 10 класса

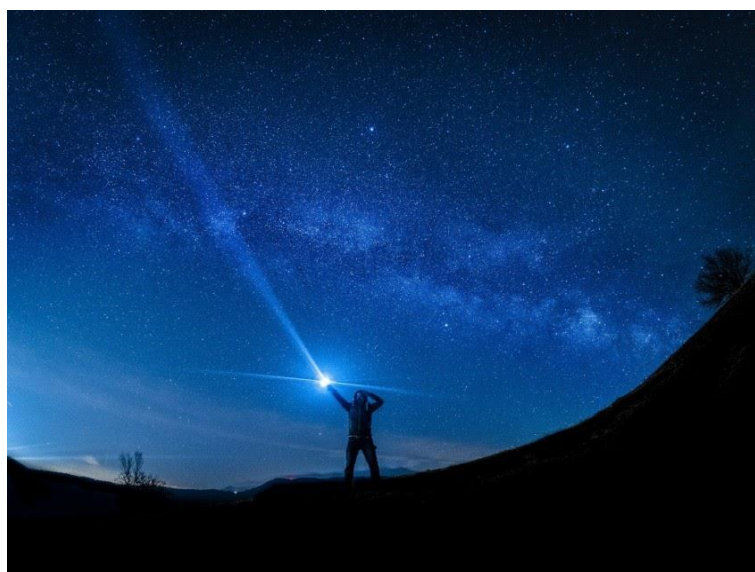
2020/21 учебный год

Максимальное количество баллов — 53

Задание № 1

Условие:

Какие из перечисленных созвездий хотя бы частично может наблюдать житель Экваториальной Гвинеи? Выберите от 1 до 7 созвездий.



Варианты ответа:

Малая Медведица

Большой Пёс

Орион

Кассиопея

Гончие Псы

Южный Крест

Южная Рыба

Ответ:

Малая Медведица, Большой Пёс, Орион, Кассиопея, Гончие Псы, Южный Крест, Южная Рыба

Каждый правильный ответ — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Решение. Экваториальная Гвинея расположена в районе земного экватора. Как известно, с экватора Земли можно в течение года наблюдать всё небо. Поэтому все созвездия, а не только приведённые в условии, можно наблюдать из этой страны при условии ясного неба.

Максимальный балл за задание — 7

Задание № 2

Условие:

Какие из перечисленных спутников Юпитера относятся к галилеевым спутникам?



Варианты ответа:

Ио

Амальтея

Метидя

Адрастея

Европа

Леда

Гемалия

Пасифе

Синопе

Ганимед

Карме

Ананке

Каллисто

Ответ:

Ио, Европа, Ганимед, Каллисто

Каждый правильный ответ — 0.75 балла, штраф за неправильный ответ — 1 балл

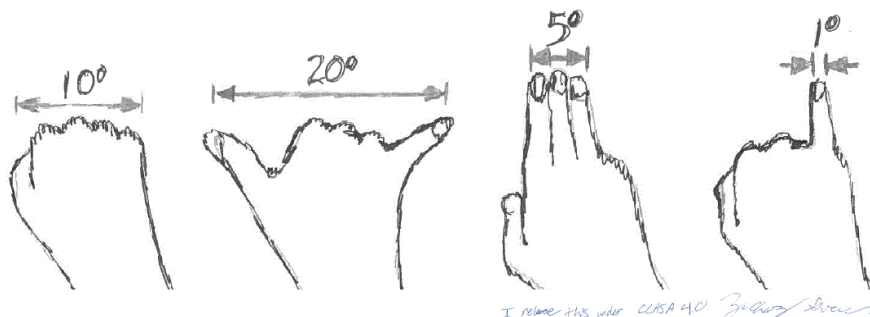
Решение. Галилеевы спутники — это четыре крупнейших спутника Юпитера (Ио, Европа, Ганимед и Каллисто). Спутники были открыты (впервые наблюдались) Галилео Галилеем в январе 1610 года с помощью первого в истории телескопа. По фамилии первооткрывателя они были так названы. Следует отметить, что эти спутники входят в число крупнейших спутников Солнечной системы и могут наблюдаться в небольшой телескоп. Отличительной чертой этих спутников является то, что все они имеют сферическую форму и близки по размерам и массе к земной Луне и планете Меркурий. Остальные спутники Юпитера имеют неправильную форму и небольшие размеры.

Максимальный балл за задание — 3

Задание № 3

Условие:

Какие небесные тела могут наблюдаться с Земли на угловом расстоянии 90° от Солнца?
(При условии, что Солнце уже село и наблюдениям не мешает.)



Варианты ответа:

Луна

Меркурий

Венера

Юпитер

Альдебаран

Правильный ответ:

Луна, Юпитер, Альдебаран

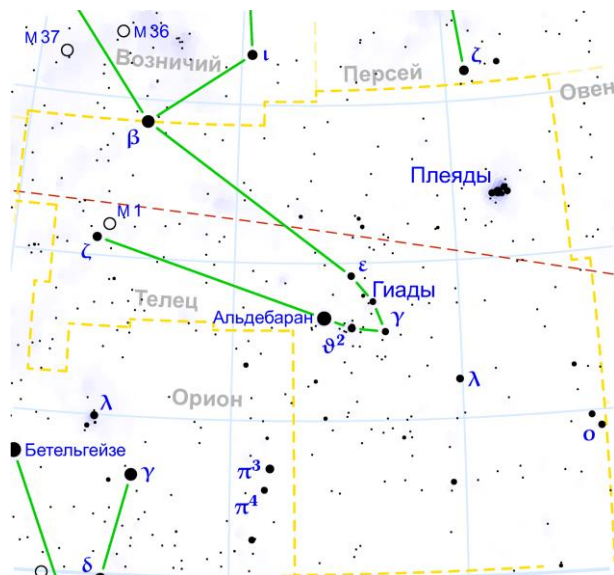
Каждый правильно выбранный и правильно невыбранный ответ — 0.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 2.5

Задание № 4

Условие:

Начинающий астроном из Хабаровска ($48^{\circ} 29'$ с. ш., $135^{\circ} 04'$ в. д.) решил понаблюдать звезду Альдебаран. Выберите все верные утверждения.



Варианты ответа:

- В Хабаровске Альдебаран никогда не поднимается над горизонтом.
- В Хабаровске Альдебаран можно увидеть в безлунную июньскую ночь.
- В Хабаровске Альдебаран можно наблюдать в безлунную декабрьскую ночь.
- В Хабаровске Альдебаран можно наблюдать в любую безлунную ночь.

Ответ:

- В Хабаровске Альдебаран можно наблюдать в безлунную декабрьскую ночь.

Правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 2

Задание № 5

Общее условие:

Наблюдатель находится в лодке на море вдали от берега в полный штиль.



Условие:

Какой из горизонтов расположен ближе к зениту наблюдателя?

Варианты ответа:

видимый горизонт ближе к зениту

математический горизонт ближе к зениту

видимый и математический горизонты одинаково отстоят от зенита

Ответ:

математический горизонт ближе к зениту

Правильный ответ — 1.5 балла

Решение. Согласно определению, математический горизонт — большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии, проходящей через центр небесной сферы (который совмещен со сетчаткой глаза наблюдателя). Видимый горизонт на море — это малый круг небесной сферы, являющийся линией раздела небосвода и водной поверхности Земли (см. рис. 1) с данной позиции наблюдателя. Из рисунка очевидно, что математический горизонт расположен выше видимого, а значит он ближе к зениту (Z).

Условие:

На сколько угловых секунд один горизонт выше другого для данного наблюдателя? Высота глаз наблюдателя над уровнем моря равна 2 м. Землю считайте шаром радиусом 6371 км. Влиянием земной атмосферы пренебрегите.

Ответ:

число в диапазоне [155; 172]

Правильный ответ — 2.5 балла

Решение. Согласно рис. 1 необходимо найти угол $\alpha = \angle FOD$. Именно данный угол определяет разность высот положений данных горизонтов. Согласно теореме о равенстве углов со взаимно перпендикулярными сторонами, угол $\angle FOD$ равен углу $\angle OCD$. Из прямоугольного треугольника $\triangle OCD$ следует, что:

$$\cos \alpha = \cos \angle OCD = \frac{CD}{CO} = \frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\oplus} + h}, \Rightarrow \alpha = \arccos \left[\frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\oplus} + h} \right] = 163'',$$

здесь $h = 2$ м — высота глаз наблюдателя над уровнем моря, $\mathfrak{R}_{\oplus} = 6371$ км — средний (по объему) радиус Земли.

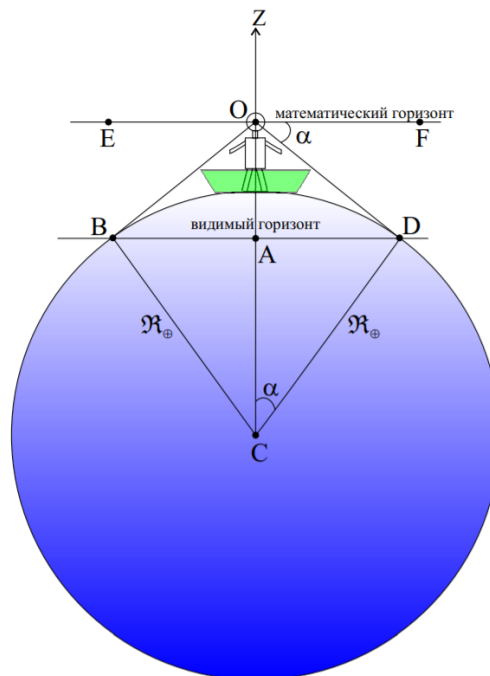


Рисунок 1

Значение искомого угла можно получить, не прибегая к использованию функции арккосинус. Для этого заметим, что $h \ll \mathfrak{R}_{\oplus}$, тогда:

$$\cos \alpha = \frac{R_{\oplus}}{R_{\oplus}+h} = \left(1 + \frac{h}{R_{\oplus}}\right)^{-1} \approx 1 - \frac{h}{R_{\oplus}},$$

при записи последнего использовано приближение вида: $(1+x)^{\alpha} \approx 1 + \alpha \cdot x$, при $x \ll 1$.

С другой стороны, при малых значениях угла α справедливо приближенное выражение вида:

$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{1}{2}\alpha^2, \text{ при } \alpha \ll 1.$$

Из двух последних выражений следует, что

$$\frac{1}{2}\alpha^2 = \frac{h}{R_{\oplus}}, \Rightarrow \alpha = 206265''/\text{рад} \sqrt{\frac{2h}{R_{\oplus}}} = 163''.$$

Допускаются отклонения от указанного значения в пределах интервала $[155, 172]$, обусловленные погрешностью в численных расчетах.

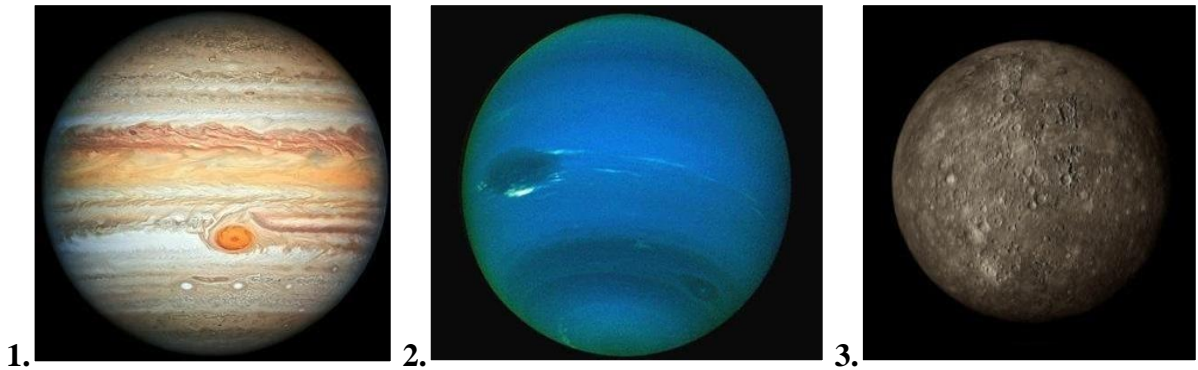
Максимальный балл за задание — 4

Задание № 6

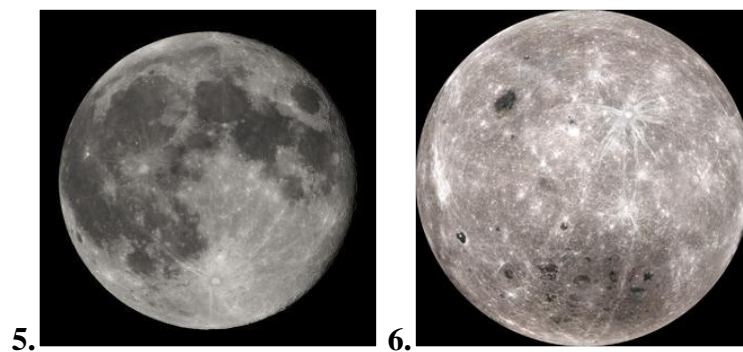
Условие:

Сравните по размеру представленные на фотографиях небесные тела. Выберите ровно две фотографии с телами равных размеров.

Варианты ответа:



Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение. Чтобы ответить на поставленный вопрос, надо определиться с тем, какие тела представлены на фотографиях. Легко узнаётся, например, Юпитер. Можно узнать Марс и Нептун. Это всё разные планеты, они отличаются своими размерами и на оставшихся фото приведены точно не они. Таким образом их можно исключить из рассмотрения.

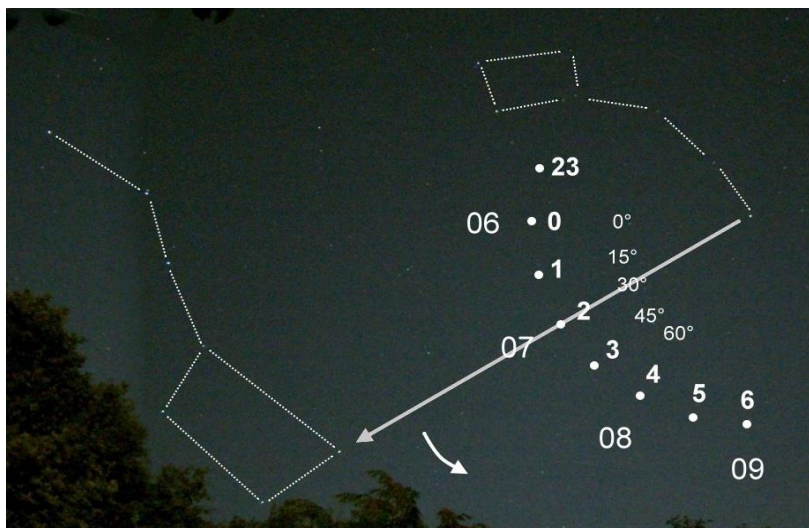
С оставшимися тремя фото сложнее. На пятом достаточно легко узнаётся Луна. Остаётся два варианта — либо на 3 и 6 фото один и тот же объект, либо на 5 и 6 фото представлена Луна. При сравнении этих вариантов становится понятно, что выбирать надо второй из них — на двух последних фото представлен один и тот же объект, поэтому размеры тел на 5 и 6 фото будут одинаковыми.

Максимальный балл за задание — 2

Задание № 7

Условие:

На каком большом круге обязательно должна находиться звезда, часовой угол которой ровно на 12^h отличается от местного звёздного времени?



Варианты ответа:

математический горизонт

небесный экватор

первый вертикал

небесный меридиан

эклиптика

альмукантарат

Ответ:

Вопрос аннулирован по причине отсутствия среди вариантов ответа верного.

Из того, что разность часового угла светила и звёздного времени составляет 12^h , не следует, что звезда находится на небесном меридиане. Единственное следствие: прямое восхождение такой звезды — 12^h , то есть она на полюсе равноденствий.

Задание № 8

Условие:

Какое астрономическое явление представлено на снимке?



Варианты ответа:

тенивое лунное затмение

первая четверть

третья четверть

частное солнечное затмение

полутенивое лунное затмение

апекс

лунное гало

полнолуние

Ответ:

тенивое лунное затмение

Правильный ответ — 2 балла

полнолуние

Частично правильный ответ — 1 балл

Решение. Верным ответом является «Теневое лунное затмение». Можно сразу исключить варианты №2, №3, №4, №6, №7 как совершенно не подходящие под картинку (легко «наугадать» соответствующие определения, чтобы понять, что это так).

Остаются варианты №1, №5 и №8. Мы видим, что наблюдается какой-то вариант лунного затмения — на Луну «находит» тень Земли. В этот момент Луна находится в фазе полнолуния. Поэтому этот вариант ответа может рассматриваться в качестве верного.

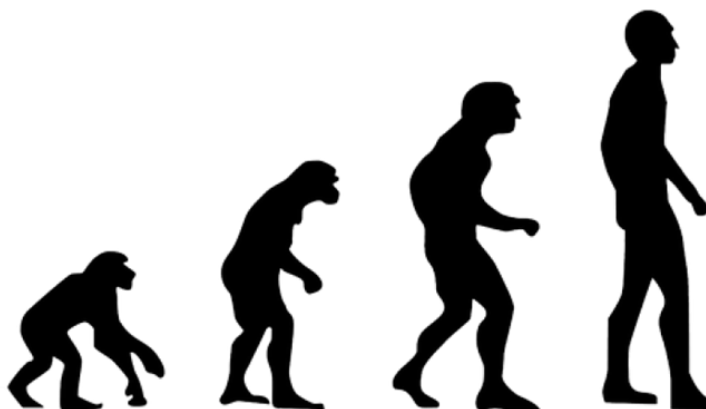
Однако, есть «более верный ответ» — на фоне диска Луны мы явно видим тень Земли — это означает, что полутеневая фаза затмения (когда на Луну падает не тень, а «полутень» Земли) уже прошла, и наступила теневая фаза затмения. Поэтому верный ответ — вариант №1, теневое лунное затмение.

Максимальный балл за задание — 2

Задание № 9

Общее условие:

Подумаем о будущем нашего Солнца.



Условие:

На заключительном этапе своей эволюции Солнце, вероятнее всего, станет...

Варианты ответа:

- красным карликом
- белым карликом
- нейтронной звездой
- чёрной дырой
- белой дырой
- голубым гигантом

Ответ:

белым карликом

Решение. Известно, что звёзды малых масс заканчивают свою жизнь белыми карликами. Наше Солнце относится к маломассивным звёздам, поэтому его ждёт именно такая судьба.

Условие:

Может ли Солнце вспыхнуть как сверхновая?

Варианты ответа:

- Да
- Нет

Ответ:

Нет

Каждый правильный ответ — 1 балл

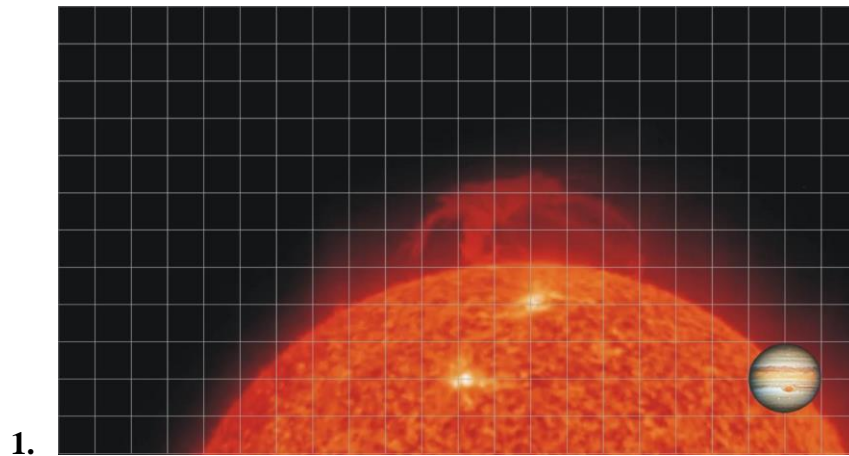
Максимальный балл за задание — 2

Задание № 10

Общее условие:

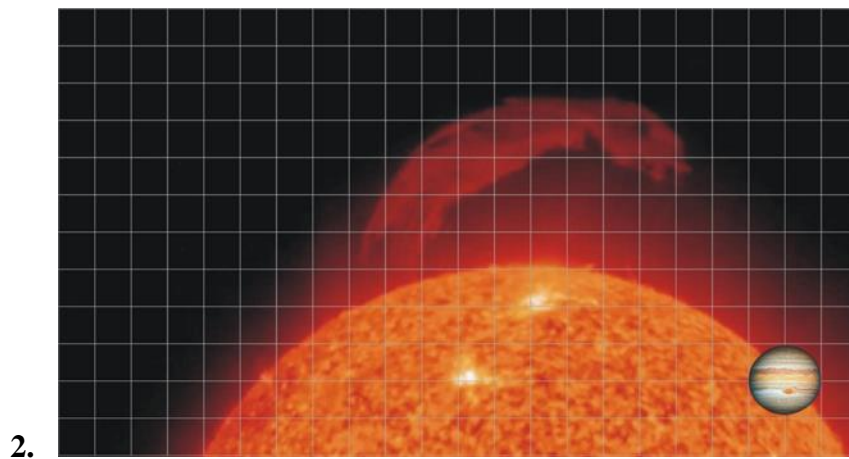
Ниже приведены 3 фотографии Солнца, сделанные 31 марта 2021 г. Определите высоту протуберанца в тысячах километров на каждой из них.

Для масштаба на снимки добавлен диск Юпитера. Известно, что радиус Солнца равен 696 тыс. км, а размеры Юпитера в 10 раз меньше солнечных.



Ответ:

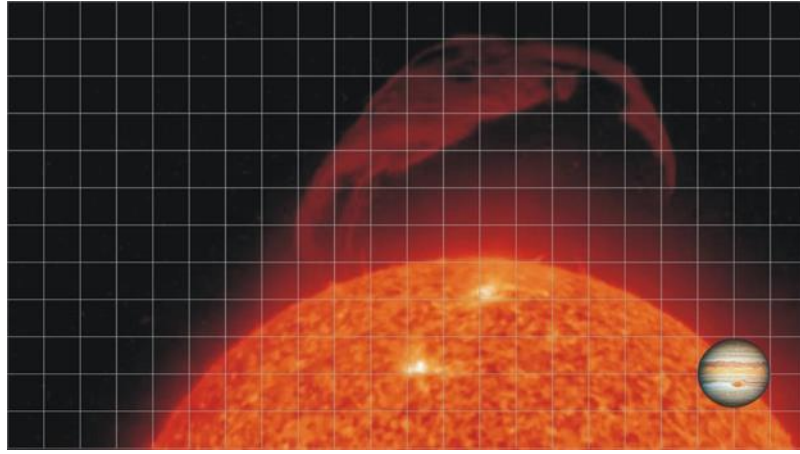
число в диапазоне [160; 188]



Ответ:

число в диапазоне [306; 334]

3.



Ответ:

число в диапазоне [400; 445]

Каждый правильный ответ — 1.5 балла

Решение. Используем Юпитер в качестве «линейки». Мы видим, что его диаметр занимает ровно 2 клетки. Составим пропорцию: $\frac{D_{Ю}}{h} = \frac{2}{h_{\text{клетки}}}$. Подставив высоту протуберанца в клетках для каждого из трёх изображений, получим ответ (в тыс. км): $\approx 174, \approx 320, \approx 420$.

Максимальный балл за задание — 4.5

Задание № 11

Общее условие:

Поговорим о календаре.



Условие:

Выберите из списка все високосные годы.

Варианты ответа:

- 2000
- 2020
- 2021
- 2040
- 2068
- 2096
- 2100

Ответ:

2000, 2020, 2040, 2068, 2096

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение. Согласно математической модели летоисчисления Григорианского календаря, любой год, номер которого кратен «4», является високосным. Этому условию удовлетворяют все даты кроме 2021 года. Однако, нужно помнить важное дополнительное условие: все годы, номера которых являются кратными «100», но не кратными «400», не являются високосными.

Этому условию удовлетворяет 2100 год. В итоге високосными являются следующие годы: 2000, 2020, 2040, 2068, 2096.

Условие:

Какова средняя продолжительность календарного года в григорианском календаре?

Варианты ответа:

365.2500 суток

365.2422 суток

365.2425 суток

365.2564 суток

365 суток

366 суток

Ответ:

365.2425 суток

Правильный ответ — 2 балла

Решение. Григорианский календарь (ГК) — календарь, разработанный германским математиком, астрономом, Х. Клавием и итальянским астрономом, философом А. Лилием по указанию римского папы Григория XIII. Данный календарь был введен Григорием XIII в большинстве европейских государств, поддерживавших католическую церковь, 4 октября 1582 года взамен прежнего юлианского календаря (ЮК), из-за его большой погрешности.

В ГК определены два вида года: обычный и високосный, продолжительностью 365 и 366 дней соответственно. Раз в 4 года объявляется високосный год, в который добавляется один день — 29 февраля. Кроме того, в ГК введено еще одно дополнительное условие (в сравнении с ЮК): все годы, номера которых являются кратными «100», но не кратными «400», не являются високосными. Например, 1600 и 2000 годы были високосными, а вот 1700, 1800, 1900 годы были обычными. Следовательно данное правило повторяется каждые 400 лет, причем здесь 303 обычных года и 97 високосных.

Вычислим далее среднюю продолжительность одного григорианского календарного года:

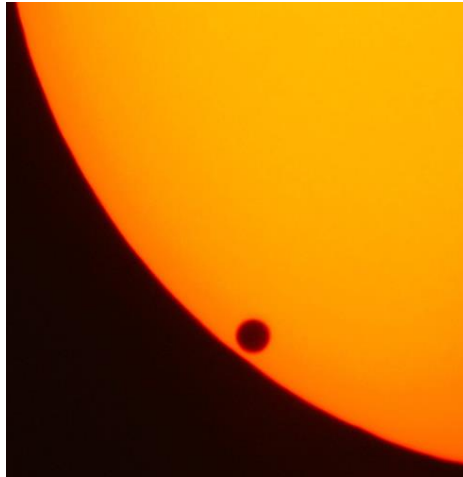
$$T_G = \frac{365 \cdot 303 + 366 \cdot 97}{400} = 365.2425 \text{ сут.}$$

Максимальный балл за задание — 4

Задание № 12

Общее условие:

Прохождение планет по диску Солнца — редкое и зрелищное явление, богатое на астрономические данные при условии успешного наблюдения.



Условие:

В какой конфигурации внутренней планеты возможно наблюдение её прохождения по диску Солнца?

Варианты ответа:

верхнее соединение

нижнее соединение

наибольшая восточная элонгация

наибольшая западная элонгация

квадратура

Ответ:

нижнее соединение

Решение. Необходимым и достаточным условием для прохождения по диску Солнца (транзита) внутренней планеты является её нахождение на прямой, соединяющей центр Солнца и Земли, при этом располагаясь между ними, что соответствует определению конфигурации нижнего соединения.

Условие:

Почему невозможно наблюдать прохождение внутренней планеты по диску Солнца каждый синодический период (в соответствующей конфигурации)?

Варианты ответа:

из-за наклона земной оси к плоскости земной орбиты

из-за взаимного наклона плоскостей орбит планет Солнечной системы

из-за малости видимого углового размера внутренних планет

днём наблюдения планет невозможны

Ответ:

из-за взаимного наклона плоскостей орбит планет Солнечной системы

Решение. Поскольку у всех внутренних планет их орбиты расположены под некоторым ненулевым углом к плоскости орбиты Земли, то их транзиты возможны лишь в окрестности узлов их орбит — точек пересечения их орбит с плоскостью орбиты Земли. Если бы данные углы были равны нулю, то плоскости орбит внутренних планет и Земли совпадали, и можно было бы наблюдать транзиты этих планет каждый их синодический период.

Каждый правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание № 13

Общее условие:

Облако Оорта — гипотетическая сферическая область Солнечной системы, в которой большую часть времени «обитают» долгопериодические кометы.

Внешняя часть облака Оорта представляет собой сферический слой, центры внутренней и внешней границ которого совпадают с Солнцем, их радиусы равны 20 тыс. и 120 тыс. а. е.

В этой области насчитывается около 10^{13} кометных ядер, характерный поперечный размер которых составляет 1.3 км.



Условие:

Вычислите характерный объём кометного ядра в км³.

Ответ:

число из диапазона [1.1; 1.2]

Правильный ответ — 2 балла

Решение. По формуле для объема шара выполняем расчет искомого объема:

$$V_N = \frac{\pi}{6} D^3 = \frac{\pi}{6} (1.3 \text{ км})^3 = 1.15 \text{ км}^3.$$

Допускаются отклонения от указанного значения на не более чем $\pm 0.05 \text{ км}^3$, обусловленные погрешностью в численных расчетах.

Условие:

Определите полную массу кометного вещества облака, если полагать, что средняя массовая плотность этих ядер равна 500 кг/м^3 . Ответ выразите в массах Земли ($5.973 \cdot 10^{24} \text{ кг}$).

Ответ:

число в диапазоне [0.9; 1.1]

Правильный ответ — 3 балла

Решение. Воспользуемся определением средней массовой плотности тела для ядра (N) кометы:

$$\rho_N = \frac{m_N}{V_N}, \Rightarrow m_N = \rho_N \cdot V_N = \frac{\pi}{6} \rho_N \cdot D^3 = 5.75 \cdot 10^{11} \text{ кг},$$

здесь m_N, V_N, ρ_N — масса, объем и плотность одиночного ядра кометы.

Следовательно, масса всех кометных ядер облака Оорта составляет

$$M_{\text{tot}} = N \cdot m_N = 5.75 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot 10^{13} = 5.75 \cdot 10^{24} = 0.96 \cdot \mathfrak{M}_{\oplus},$$

здесь $\mathfrak{M}_{\oplus} = 5.973 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ — масса Земли. Допускаются отклонения от указанного значения в пределах интервала [0.9; 1.1], обусловленные погрешностью в численных расчетах.

Максимальный балл за задание — 5

Задание № 14

Условие:

Космический аппарат запустили с поверхности Земли. Когда он удалился от неё на 1.5 млн км и выключил двигатели, то его скорость совпала по направлению со скоростью движения Земли по орбите. При этом аппарат имел скорость относительно Солнца, равную 35 км/с. Выберите верные утверждения в предположении, что аппарат не проходит близко к планетам и астероидам.



Варианты ответа:

Если аппарат не включит двигатели, то он через полгода окажется ближе к Солнцу, чем Венера.

В ближайшие пять месяцев аппарат не окажется ближе к Солнцу, чем на 1 а. е.

Даже при выключенных двигателях аппарат сможет долететь до Плутона.

Если аппарат не включит двигатели, то он спустя год станет искусственным спутником Земли.

Ответ:

В ближайшие пять месяцев аппарат не окажется ближе к Солнцу, чем на 1 а. е.

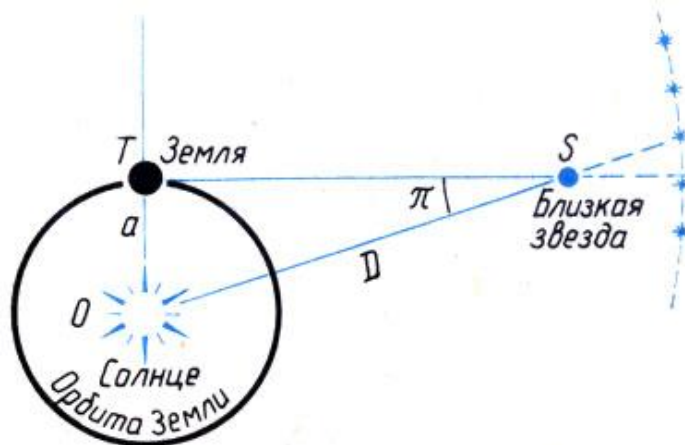
Правильный ответ — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Задание № 15

Общее условие:

Как известно, минимальный годичный параллакс, который ещё можно достаточно точно измерить с поверхности Земли для далёкой звезды, составляет $0.03''$.



Условие:

Каково расстояние (в парсеках) до звёзд, имеющих такой параллакс?

Ответ:

число в диапазоне [33; 34]

Решение. Как известно, расстояние (r), от Солнца до небесного тела можно определить через годичный параллакс (π , подразумевается, что последний выражен в радианах) и большую полуось (a_{\oplus}) земной орбиты:

$$r = \frac{a_{\oplus}}{\sin \pi} \approx \frac{a_{\oplus}}{\pi},$$

при записи последнего учтено, что годичный параллакс всегда является малой величиной, и потому можно воспользоваться приближением вида: $\sin x \approx x$, при $x \ll 1$. Учтем далее, что $1 \text{ пк} = 206265 \cdot a_{\oplus} = 206265 \text{ а. е.}$ Параллакс, выраженный в секундах π'' , связан с параллаксом, выраженным в радианах, выражением вида: $\pi'' = 206265$.

Тогда расстояние, выраженное в парсеках, связано с параллаксом (π''), выражением вида:

$$r_{\max}^{(\oplus)} = \frac{1}{\pi''_{\min}} = 33.3 \text{ пк.}$$

Допускаются отклонения от указанного значения в пределах интервала [33, 34], обусловленные погрешностью в численных расчетах.

Условие:

Предположим, что измерения годичного параллакса звезды с той же точностью выполняются в окрестностях Юпитера. Каково максимальное возможное расстояние (в парсеках) до самых удалённых звёзд, для которых пригоден этот метод? Орбиту Юпитера считать круговой, ее радиус принять равным 5.2 а. е.

Ответ:

число в диапазоне [170; 177]

Решение. Согласно условию задачи, точность определения параллакса остается прежней, но изменяется большая полуось орбиты планеты, в окрестности которой проводятся измерения параллакса. Согласно (2), определяемое расстояние пропорционально большой полуоси орбиты этой планеты. Следовательно, максимальное возможное расстояние (в парсеках) до самых удаленных звезд, определенное в окрестности Юпитера, есть

$$r_{max}^{(J)} = \frac{a_J}{a_{\oplus}} r_{max}^{(\oplus)} = 173.3 \text{ пк},$$

здесь $a_J = 5.2$ а.е. — большая полуось (радиус) орбиты Юпитера. Допускаются отклонения от указанного значения в пределах интервала [170, 177], обусловленные погрешностью в численных расчетах.

Каждый правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание № 16

Общее условие:

Характеристики звёзд могут варьироваться в широком диапазоне. Рассмотрим пару вариантов.

Условие:

Звезда обладает массой 6.4 массы Солнца и радиусом, равным 47 радиусам Солнца. Средняя плотность Солнца составляет 1.4 г/см^3 . Выберите все верные утверждения.



Варианты ответа:

Эта звезда является сверхгигантом.

Скорость вращения этой звезды на экваторе может достигать 200000 км/с.

Средняя плотность этой звезды меньше плотности воды.

Ответ:

Средняя плотность этой звезды меньше плотности воды.

Условие:

Белый карлик имеет массу 0.6 массы Солнца и радиус 17 тыс. км. Выберите все верные утверждения.

Варианты ответа:

Средняя плотность этого объекта выше плотности золота.

По своим размерам этот объект в 1.5 раза крупнее Луны.

С течением времени объект превратится в голубой субкарлик.

Ответ:

Средняя плотность этого объекта выше плотности золота.

Каждый правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4