

Все классы

1. Какие из перечисленных планет можно будет наблюдать в Москве невооружённым глазом накануне теоретического тура олимпиады, который состоится 11 февраля, при условии ясной погоды?

Возможно несколько верных ответов, 1 балл

1) Меркурий 2) Венера 3) Марс 4) Юпитер 5) Сатурн

Для ответа на этот вопрос можно воспользоваться одной из многочисленных компьютерных программ-планетариев или астрономическим календарём.

2. Какое из перечисленных созвездий в Москве поднимается выше всего над горизонтом в течение 2017 года?

Только один выбор, 1 балл

1) Близнецы 2) Дева 3) Овен 4) Орион 5) Стрелец 6) Центавр

В списке перечислены 4 зодиакальных созвездия, а также созвездия Орион и Центавр. Последнее находится в южном полушарии небесной сферы и не восходит на широте Москвы. Орион находится на небесном экваторе. Остальные 4 созвездия относятся к зодиакальным, на их фоне в течение года движется Солнце. Выше всего Солнце поднимается над горизонтом летом, а значит, нужно выбрать созвездие, через которое дневное светило движется в летние месяцы – это Близнецы.

Более формальный подход к задаче: выше всего может подниматься созвездие, наиболее близкое к кругу равных склонений $+56^\circ$ (широта Москвы). Ознакомившись со звёздной картой, можно увидеть, что максимальное склонение звёзд в Близнецах составляет $+35^\circ$, в Овне $+31^\circ$, в остальных созвездиях – ещё меньше.

3. При какой фазе Луны на неё может попасть тень от Земли?

Только один выбор, 1 балл

1) ни при какой 2) при любой 3) новолуние 4) первая четверть 5) полнолуние 6) последняя четверть

Тень от нашей планеты всегда падает в противоположном от Солнца направлении. Когда Луна находится в противоположном направлении от Солнца, к наблюдателю на Земле направлено полностью освещённое полушарие. Такая фаза называется полнолунием. Явление, при котором на Луну падает земная тень, известно как лунное затмение.

4. Космический аппарат Кассини вышел на орбиту вокруг Сатурна в 2004 году. Сколько полных оборотов вокруг Солнца он совершил с тех пор?

Открытый выбор, 1 балл

Ответ: 0.

Период вращения Сатурна вокруг Солнца составляет чуть меньше 30 лет. На момент проведения олимпиады в 2016/2017 году он совершил менее половины оборота.

5. Отметьте планеты Солнечной системы, на поверхности которых в значительных количествах обнаружен лёд.

Возможно несколько верных ответов, 1 балл

1) Венера 2) Земля 3) Марс 4) Юпитер 5) Сатурн

Венера – самая тёплая планета в Солнечной системе, при температуре 460 градусов Цельсия говорить об обнаружении льда не приходится. Юпитер и Сатурн – газовые планеты, у них нет поверхности как таковой. На Земле и Марсе лёд есть, главным образом, в полярных областях планеты. На Марсе такие полярные скопления льда называются полярными шапками.

6. Укажите характерное время сгорания метеора в атмосфере Земли.

Только один выбор, 1 балл

1) 0,01 секунды 2) 1 секунда 3) 1 минута 4) 1 час

Для ответа на этот вопрос достаточно хотя бы несколько раз в жизни увидеть метеор. Или вспомнить, что скорость метеора достигает десятков километров в секунду, а сгорают они в атмосфере на высоте 80-100 км.

7. В каком месяце в Мурманске (широта 69 градусов) можно наблюдать полярные сияния?

Возможно несколько верных ответов, 1 балл

1) ни в каком 2) в марте 3) в июне 4) в сентябре 5) в декабре

Видимость полярных сияний определяется солнечной активностью и близостью к магнитному полюсу мира. В Мурманске условия для наблюдений благоприятны и полярные сияния могут наблюдаться в тёмное время суток в течение всего года. Однако в июне Солнце там не заходит за горизонт, так как город находится севернее полярного круга. Поэтому ночь не наступает, а наблюдение полярных сияний на дневном фоне неба невозможно.

6 класс и старше

8. Пусть в некоторый момент времени Меркурий и Марс одновременно находятся в верхнем соединении с Солнцем. Через некоторое время они достаточно удалятся на небе от Солнца и станут видны невооружённым глазом с Земли. В какое время суток их можно будет увидеть впервые после соединения?

Возможно несколько верных ответов, 1 балл

1) Обе планеты утром 2) Меркурий утром, Марс вечером 3) Меркурий вечером, Марс утром 4) Обе планеты вечером

Для наблюдателя на Земле Меркурий и Марс во время верхнего соединения находятся за Солнцем и движутся на небе с запада на восток, в том же направлении, что и Солнце в своём годичном движении. Скорость Меркурия при этом превышает солнечную, в результате он окажется восточнее Солнца и его можно будет наблюдать вечером после захода Солнца. Скорость Марса, напротив, меньше, он отстанет от Солнца на небе, поэтому его можно будет увидеть утром.

9. Перед Вами изображения небесных объектов. Распределите их в порядке уменьшения массы, начиная с самого массивного.

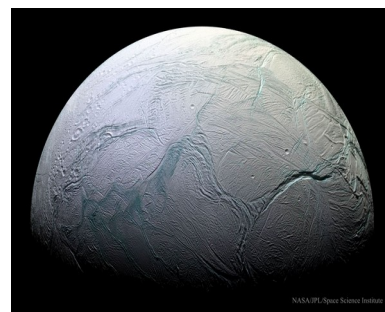
1



2



3



4



5



6



Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 514632

На изображениях показаны 1 – шаровое скопление 47 Тукана, 2 – комета Чурюмова-Герасименко, 3 – Энцелад, спутник Сатурна, 4 – рассеянное звёздное скопление Шкатулка с драгоценностями, 5 – спиральная галактика в созвездии Треугольника, 6 – планетарная туманность Улитка. Для ответа на вопрос не обязательно знать конкретные названия объектов, достаточно общей классификации. Численность звёзд в галактиках измеряется десятками миллиардов, в шаровых скоплениях – сотнями тысяч, в рассеянных скоплениях – сотнями. Планетарная туманность представляет с собой остатки лишь одной звезды. Наконец, два оставшихся объекта принадлежат Солнечной системе. Спутник Энцелад крупнее, так как он имеет сферическую форму, а размеры кометного ядра малы, поскольку оно имеет неправильную форму.

8 класс и старше

10. Пусть при наблюдениях из Москвы азимут некой звезды на небе составляет 56 градусов, а высота над горизонтом равна 37 градусам. Как азимутальные координаты звезды изменятся через 5 минут? Выберите верное утверждение. Азимут отсчитывается от точки юга.

Только один верный ответ, 1 балл

1) Азимут уменьшится, высота уменьшится

- 2) Азимут уменьшится, высота увеличится
3) Азимут увеличится, высота уменьшится
4) Азимут увеличится, высота увеличится

По условию задания звезда находится на юго-западе. Она прошла кульминацию в точке юга и продолжает двигаться на запад, при этом её высота над горизонтом уменьшается, звезда заходит.

11. В какую из перечисленных дат склонение Солнца принимает наименьшее значение?

Только один верный ответ, 1 балл

15 января, 15 февраля, 15 марта, 15 ноября, 15 декабря

Склонение Солнца минимально вблизи дня зимнего солнцестояния, которое происходит в районе 21 декабря.

12. Известно, что диаметр орбиты Земли виден с некой звезды под углом в 0,01 угловой секунды. Оцените, как долго идёт свет от этой звезды к нам. Ответ выразите в годах, округлив до целого значения.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 652

Один из способов найти ответ к этой задаче – вспомнить определение 1 парсека. 1 парсек – расстояние, с которого радиус земной орбиты наблюдается под углом в 1 угловую секунду. В нашем случае этот угол меньше в 200 раз (в условии дан диаметр орбиты, а не радиус), а значит, расстояние до звезды составляет 200 парсек. В 1 парсеке – 3,26 световых года, что и даёт конечный ответ – 652 световых года.

13. Две звезды одинаковой массы, равной 0,7 солнечной, вращаются по круговым орбитам с периодом 264 земных суток. Определите расстояние между центром звезды и барицентром (центром тяжести) системы. Ответ выразите в астрономических единицах с точностью до второго знака после запятой.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 0,45

Согласно третьему закону Кеплера $\frac{a^3}{T^2} \sim \Sigma M$,

$a = \sqrt[3]{\Sigma M T^2} = \sqrt[3]{(0,7+0,7) \cdot (264/365)^2} = 0,9 \text{ а.е.}$ Данное расстояние соответствует расстоянию между звёздами в системе. Звёзды, по условию, имеют одинаковые массы, а значит, центр масс находится ровно посередине между ними и искомое расстояние составляет 0,45 а.е.

14 Эксцентриситет орбиты кометы составляет 0,64. Во сколько раз она получает больше солнечной энергии в перигелии, нежели в афелии своей орбиты? Ответ округлите до целого значения.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 21

Солнечная энергия, получаемая небесным телом, обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. В свою очередь, расстояние от Солнца до точки перигелия и афелия

связано с большой полуосью орбиты a и эксцентриситетом e формулой $r = a(1 \pm e)$

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} \sim \frac{r_{max}^2}{r_{min}^2} = \frac{(1+e)^2}{(1-e)^2} = \frac{1,64^2}{0,36^2} \sim 21$$

15. Пусть диаметр сферического кометного ядра составляет 10 км, плотность 550 кг/м^3 . Во сколько раз вес посадочного модуля на поверхности кометного ядра меньше, чем на поверхности Земли? Считайте, что вес определяется лишь силой гравитации.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: ~ 12740

Вес спутника ($F = mg$) пропорционален ускорению свободного падения g на поверхности ядра кометы. Выразим g через плотность и радиус тела.

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\rho V}{R^2} = \frac{4\pi G\rho R^3}{3R^2} = \frac{4\pi G\rho R}{3} \sim \rho R$$

Итак, вес космического аппарата прямо пропорционален плотности и радиусу небесного тела. Обратим внимание, что данная в условии плотность кометного ядра примерно в 10 раз меньше плотности Земли. Кроме того, радиус кометного ядра примерно в $\frac{6371}{5} = 1274$

раза меньше земного. Таким образом, вес спускаемого аппарата на поверхности кометы будет меньше примерно в 12740 раз. В качестве правильного будет засчитываться ответ в диапазоне от 12500 до 13000.

16. Пусть от звезды 10-й звёздной величины на приёмник излучения за 1 секунду, в среднем, попадает 400 фотонов. Сколько фотонов будет попадать от звезды 5-й звёздной величины? Считайте, что спектральные характеристики звёзд одинаковы.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 40000

Звёздная величина – исторически сложившаяся мера яркости, используемая в астрономии. По определению, разница в 5 звёздных величин соответствует разнице в освещённости в 100 раз, причём меньшая звёздная величина соответствует более яркому объекту. Таким образом, от звезды 5-й звёздной величины на приёмник попадёт в 100 раз больше фотонов, т.е. 40000.

17 Звёзды какого цвета чаще всего встречаются в галактике Млечный Путь?

Только один правильный ответ, 1 балл

1) Голубые 2) Жёлтые 3) Зелёные 4) Красные

Распространённость звёзд зависит от их массы: массивные звёзды встречаются реже звёзд малых масс. Благодаря этому факту большая часть звёзд в нашей галактике имеет меньшую, чем у Солнца, массу. Светимость и эффективная температура таких звёзд меньше солнечной, а значит они излучают преимущественно малоэнергичные фотоны в красной области спектра. Этим обусловлено и название данного класса звёзд – красные карлики.

10 класс и старше

18. Распределите указанные звёзды в порядке увеличения поверхностной яркости, начиная с объекта с самой низкой поверхностной яркостью. В скобках указана спектральная

классификация звезды.

- 1) Альтаир (A7 V)
- 2) α Центавра Б (K1 V)
- 3) Бетельгейзе (M1 I)
- 4) Регул (B8 IV)
- 5) Сириус (A1 V)
- 6) Солнце (G2 V)

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 326154

Поверхностная яркость звезды определяется эффективной температурой фотосферы (наблюдаемой “поверхности”) звезды: чем звезда горячее, тем выше яркость. В свою очередь, температура фотосферы определяет её физические свойства, которые проявляются в наблюдаемом спектре звезды. Классы звёзд согласно Гарвардской классификации располагаются в следующей последовательности – от горячих звёзд к более холодным: O, B, A, F, G, K, M (для запоминания можно использовать мнемоническую фразу «Oh, Be A Fine Girl Kiss Me!») Для более точной классификации, помимо букв, используют цифры от 0 до 9. Так, например, класс A0 соседствуют с более горячим классом B, тогда как A9 находится ближе к более холодному F-классу. Обратим внимание, что класс светимости, указанный римскими цифрами от I до VII, не зависит от температуры фотосферы и поверхностной яркости звезды, поэтому при решении данной задачи он не используется.

Таким образом, задача сводится к тому, чтобы расположить звёзды в соответствии с их спектральной классификацией, причём начать требуется с более тусклых, холодных звёзд: M1 (Бетельгейзе), K1 (α Центавра Б), G2 (Солнце), A7 (Альтаир), A1 (Сириус), B8 (Регул).

19. Выразите в км/с тепловую скорость протона в области ионизованного водорода H II температурой 12000 кельвин.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 17

Водород – простейший атом, состоящий из одного протона и одного электрона. Соответственно, ионизированный водород представляет собой протон. В астрофизических условиях даже в разреженной межзвёздной среде устанавливается максвелловское распределение частиц по скоростям, при котором тепловая скорость частицы равна

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 12000}{1,67 \cdot 10^{-27}}} \sim 17250 \text{ м/с} \quad , k - \text{постоянная Больцмана, } m - \text{масса}$$

протона.

20. Пусть современная скорость расширения Вселенной определяется постоянной Хаббла, равной 68 (км/с)/Мпк. Считая эту скорость неизменной во времени, оцените возраст Вселенной в миллиардах лет, с точностью до 1 знака после запятой.

Открытый ответ, 2 балла

Ответ: 14,4

Постоянная Хаббла связывает скорость удаления далёкой галактики от наблюдателя с расстоянием до неё: $H=v/r$. По условию задачи Вселенная расширяется с постоянной скоростью v , а значит, мы можем применять формулу для прямолинейного равномерного движения. Задача сводится к переводу мегапарсеков в километры.

$$t = \frac{r}{v} = \frac{r}{rH} = \frac{1}{H} = \frac{c \cdot M_{\text{пк}}}{68 \text{ км}} = \frac{3,086 \cdot 10^{16} \cdot 10^6 \text{ м} \cdot \text{с}}{68 \cdot 10^3 \text{ м}} \sim 4,54 \cdot 10^{17} \text{ с} \sim 14,4 \text{ миллиардов лет}$$