

ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ

7-8 классы

1. Исходя из известной формулы, $\varphi = h_p$ высота Северного полюса мира равна широте места, легко заключить, что корабль находился в Северном полушарии Земли, но близ экватора. Из приведенного текста также следует, что если Полярная была видна по левому борту, то корабль двигался на восток. Подтверждением этого являются дальнейшие слова автора: «...путь наш прямо на восток».
2. Венера может наблюдаться в зодиакальном созвездии Близнецов. Так же она может наблюдаться в северной части созвездия Ориона, так как это всего на несколько градусов южнее эклиптики, а отклонение Венеры от эклиптики может достигать 8° . В созвездии Большого Пса, далеко от эклиптики, Венера находиться не может.
3. Звезда Альдебаран находится неподалеку от эклиптики в созвездии Тельца. Солнце проходит эту область неба в конце мая – начале июня. Луна в фазе первой четверти отстоит от Солнца на 90° градусов к востоку и находится в том месте неба, куда Солнце придет через три месяца. Следовательно, сейчас конец февраля – начало марта.
4. Применим соотношение равенства кинетической энергии вагона и метеорной частицы:
$$m_B v_B^2 = m_q v_q^2, \quad v_q = v_B \sqrt{\frac{m_B}{m_q}} = 63,25 \text{ км/с}.$$
5. По формуле, связывающей синодический и сидерический периоды обращения (уравнение синодического движения), находим сидерический период планеты $T = 8$ лет. Применяя третий закон Кеплера, можно найти большую полуось орбиты этой планеты $a = 4$ а.е. Отсюда можно сделать вывод, что это астероид.
6. Луна находится в зените для наблюдателя на земном экваторе столько раз, сколько раз она пересекает небесный экватор. В течение сидерического месяца (27,32 суток) Луна дважды пересекает небесный экватор. Значит, в течение года Луна находится в зените 25 раз для наблюдателя на земном экваторе.

ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ

9 класс

1. На Земле, так как наша планета имеет большую угловую скорость вращения, чем Венера.
2. Титан и Меркурий имеют сходную массу и размеры, но Меркурий находится значительно ближе к Солнцу и получает от него намного больше тепла. В разогретой атмосфере частицы имеют большие скорости и легче покидают планету. Поэтому Меркурий не удержал атмосферу. Холодная атмосфера Титана значительно более устойчива.
3. Максимальное угловое расстояние Меркурия от Солнца составляет 28° . Поэтому если Солнце находится на глубине не менее 6° под горизонтом, то Меркурий не может находиться на небе выше 22° (если линия Солнце-Меркурий перпендикулярна горизонту). Необходимо отметить, что угловое расстояние Меркурия от Солнца может достичь 28° только во время наибольшей восточной элонгации вблизи весеннего равноденствия и наибольшей западной элонгации вблизи осеннего равноденствия. В обоих случаях Меркурий будет находиться над Солнцем в районе южного тропика, где в это время эклиптика располагается перпендикулярно горизонту. Именно там можно увидеть Меркурий на высоте 22° . Однако Меркурий можно найти значительно выше (в пределе – в зените) во время полного солнечного затмения.
4. Примем за надежное разрешение глаза человека $2'$. Определим под каким углом видна Великая китайская стена с Марса $\alpha = \arcsin(L/D)$, где L – длина стены, а D – расстояние от Марса до Земли. Так как Марс находится в квадратуре, то из прямоугольного треугольника – $D \approx 1,15$ а.е. или ≈ 172000000 км. Отсюда $\alpha = 0,13'$. Значит, увеличение $n \approx 16$ крат.
5.
 - 1) Во время затмения Луны, она находится в противостоянии с Солнцем и проходит по северной части земной тени. Значит её координаты следующие – $\alpha \approx 11$ часов, а $\delta \approx +7^\circ$
 - 2) По формуле для высоты светила в момент верхней кульминации $90 - h = \varphi - \delta$ находим, что $h \approx 37^\circ$
 - 3) Построив чертеж, можно вычислить по условиям задания, что $L = aR_z / (R_c - R_z)$, где L – длина земной тени, R_c – радиус Солнца, R_z – радиус Земли, a – гелиоцентрическое расстояние Земли, которое равно $a = R_z / \sin p$, где p – параллакс Солнца $a = 148152685$ км, $L = 1370070$ км.
6. Чтобы ракета перешла на эллиптическую траекторию полета к Меркурию, ее скорость на орбите Земли должна быть меньше круговой. Следовательно, ракету нужно запускать в сторону, противоположную орбитальному движению Земли. Поскольку направления суточного вращения и орбитального обращения у Земли совпадают, при дневном запуске стартовая скорость ракеты складывается со скоростью вращения Земли. Это выгодно. Разница стартовых скоростей дневного и ночного запусков может составить до 1 км/с (поскольку скорость вращения Земли на экваторе 0,5 км/с). Довольно легко доказать, что запуск должен происходить в первой половине дня.

ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ

10 класс

1. Скорость движения планеты по своей орбите близка к круговой: $v^2 = \frac{GM}{r}$. Для комет, движущихся по эллиптическим орбитам с очень большим эксцентриситетом, можно принять $a = \infty$. Тогда скорость кометы близка к параболической - $v^2 = \frac{2GM}{r}$. Таким образом, кометы на одинаковых с планетами расстояниях от Солнца имеют скорость в 1,4 раза больше. Поэт прав, назвав кометы торопливыми.
2. По определению холодные пояса Земли ограничены полярными кругами, широта которых следует из условия незаходящего и невосходящего светила для центра солнечного диска при предельных значениях его склонения $\delta = \pm \epsilon$, $\varphi = +66^\circ 33,5'$. Полагается также, что земная атмосфера не влияет на видимое положение Солнца на небесной сфере. Зависимость солнечной инсоляции от широты носит монотонный характер, и поэтому понятия климатических поясов имеют условный характер. При введении понятий непрерывного полярного дня (НПД) и непрерывной полярной ночи (НПН) считается, что указанные явления наступают при касании математического горизонта верхним краем солнечного диска, приподнятым относительно истинного положения на величину рефракции. Вследствие этого границы НПД и НПН отличаются от широты полярных кругов на $+51'$ (средний угловой радиус Солнца $16'$ + среднее значение рефракции $35'$).
3. Радиус стационарной орбиты легко определяется из II закона Ньютона. Центробежное ускорение спутника $a_{ц.с.}$ движущегося по такой орбите, будет равно $a_{ц.с.} = \omega^2 r = G \frac{M}{r^2}$ (1), где r – радиус круговой орбиты; M – масса планеты; G – гравитационная постоянная; ω – угловая скорость спутника, $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T – период спутника, равный периоду вращения планеты. Из формулы (1) следует, что $r^3 = G \frac{MT^2}{4\pi^2}$. Таким образом, для качественного решения поставленной задачи надо найти отношение: $\frac{r_L}{r_3} = \sqrt[3]{\frac{M_L T_L^2}{M_3 T_3^2}} = \sqrt[3]{\frac{M_L}{M_3}} \sqrt[3]{\left(\frac{T_L}{T_3}\right)^2}$ (2), где индексы «Л» и «З» указывают на принадлежность приводимых величин соответственно к стационарным спутникам Луны и Земли. Используем в формуле (2) отношения, которые в астрономии давно определены: $M_L/M_3 = 1:81,3 \approx 1:3^4$; $T_L/T_3 = 27,3 \approx 3^3$. Отсюда $r_L/r_3 = 3$. Отношение высот стационарных спутников для данных космических тел будет несколько меньше трех. Точные вычисления дают для высоты стационарной орбиты Луны $H_L = 86700$ км. Не затрагивая вопрос о практической необходимости в будущем запуска стационарного спутника вокруг Луны, можно предположить, что его орбита потребует непрерывной корректировки из-за возмущающего гравитационного действия Земли.
4. Существует целый класс комет, имеющих очень малое перигелийное расстояние. Вдали от Солнца они могут быть очень слабыми, однако вблизи перигелия их блеск сильно увеличивается, нередко достигая отрицательных звездных величин. В это время они находятся вблизи Солнца, и во время полного солнечного затмения появляется единственная возможность найти эти кометы с помощью обычной оптики.

5. В модельном приближении будем считать, что вся кинетическая энергия метеорита $U = \frac{mV^2}{2}$ будет потрачена на нагрев и испарение некоторой массы воды M ; $U = cM \Delta t + rM$ где r — удельная теплота парообразования воды, c — удельная теплоемкость, Δt — разность температуры кипения и начальной температуры. Следовательно $M = \frac{mV^2}{2(c\Delta t + r)} \cong 46572 \text{ кг}$.

6. Когда барон Мюнхгаузен находился на расстоянии x от центра Земли, на него действовала сила тяготения F только части Земли радиуса x и массой M . Поскольку объем сферы пропорционален кубу ее радиуса, отношение $M/M_3 = x^3/R^3$. Откуда сила тяжести $F_m = GMm/x^2 = GM_3mx/R^3$, где G — гравитационная постоянная, а m — масса барона Мюнхгаузена. Учитывая, что ускорение силы тяжести на поверхности Земли $g = GM_3/R^2$. Получим, $F = mgx/R$. Так как F пропорциональна x , то движение барона описывается уравнением гармонических колебаний, с периодом $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$. Пролет сквозь Землю в одну сторону длится половину периода. Максимальную скорость движения (в центре Земли) можно вычислить, используя уравнение гармонических колебаний или закон сохранения энергии $v = \sqrt{gR}$. Подставляя значения, получим $t = 42$ мин, $v = 7,9$ км/с.

ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ

11 класс

1. Планета **A** – Венера и Юпитер; планета **B** – Уран, когда его ось вращения направлена на Солнце; Планета **C, E, F** – Меркурий; планета **D** – Земля.
2. Роль центробежной силы для SOHO играет разность силы притяжения к Солнцу и силы притяжения к Земле. Поэтому, хотя это космическое тело находится ближе к Солнцу, чем Земля, периоды обращения их вокруг Солнца одинаковы. Из-за малости массы SOHO в данной космической ситуации справедлив III эмпирический закон Кеплера.
3. Наблюдая области неба, близкие к Млечному Пути, мы видим звезды нашей галактики, сконцентрированные в ее диске. Именно их излучение сливается в светлую полосу Млечного Пути. Вдоль Млечного Пути наблюдается много молодых горячих звезд, которые рождаются из уплотненного в галактической плоскости межзвездного вещества. Однако все это вещество, точнее, его пылевая составляющая, поглощает свет более далеких объектов. Поэтому галактики практически и не видны вблизи полосы Млечного Пути.
4. Как известно, светимость звезды по закону Стефана – Больцмана пропорциональна $R^2 T^4$. Радиус белого карлика со светимостью в 1000 раз меньше солнечной и температурой поверхности вдвое большей, чем у Солнца, составляет по отношению к радиусу Солнца $\sqrt{\frac{0,001}{2^4}} = 0,0079$. Соответственно, его плотность по отношению к плотности Солнца будет равна $\frac{0,6}{0,0079^3} = 1,21 \cdot 10^6$.
5. Проницающая сила телескопа определяется предельной звездной величиной самой слабой звезды, которую можно наблюдать; на основе теоретических расчётов была выведена формула: $m=6+5\lg(D/d)$, где **D** – диаметр объектива, **d** – «выходное отверстие» окуляра. Практически астрономы используют чаще другую, эмпирическую формулу, учитывающую реальные условия наблюдений: $m=2,1+5\lg D$ (диаметр объектива указывается в мм). Тогда, проницающая сила будет равна $m \approx 10^m$. Из-за плохого качества оптики реальное значение проницающей силы было ниже и составляло 9^m . Разрешающая способность телескопа δ – минимальный угол между видимыми раздельно объектами: $\delta=(1,22 \cdot \lambda \cdot 206265'')/D$, где λ – длина электромагнитной волны. Для визуальных наблюдений ($\lambda=550 \cdot 10^{-9}$ м). Теоретически разрешающая способность телескопа δ могла достигать 3'', но реально из-за качества оптики была значительно хуже. Светосила телескопа Φ характеризует освещенность, создаваемую объективом в фокальной плоскости и численно равна квадрату отношений диаметра объектива к его фокусному расстоянию: $\Phi \sim S_{об}$, $\Phi=E_{0\pi}(D/2)^2$, $\Phi=(D/F)^2 \Rightarrow \Phi=0,0013$. Угловое увеличение телескопа определяется отношением фокусных расстояний объектива (**F**) и окуляра (**f**): $\Gamma=F/f$. $\Gamma=34\times$.
6. Плотность потока энергии **I** пропорциональна P/R^2 , где **P** – излучаемая мощность, а **R** – расстояние от передатчика. Поскольку величина **I**, обеспечивающая прием, зависит только от чувствительности приемника, необходимая для данного приемника мощность передатчика пропорциональна R^2 . При радиолокации цель, отражая пришедший к ней радиосигнал, сама становится вторичным источником радиоволн, мощность которого **P'** пропорциональна интенсивности дошедшего до цели сигнала, т.е. величине P'/R^2 , т.е. P/R^4 . Следовательно, необходимая для радиолокации мощность **P** пропорциональна R^4 . Таким образом, для увеличения дальности радиолокации в три раза потребуется увеличить мощность передатчика в $3^4=81$ раз.