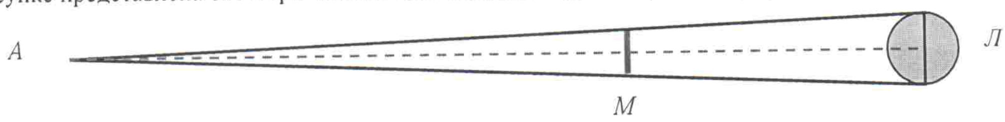
ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ (2018 – 2019)

7-8 классы

1. На рисунке представлена схема расположения глаза наблюдателя (точка А), рублевой монеты и Луны.



A – точка наблюдения (глаз наблюдателя), M – монета (в профиль), $Л$ – Луна.

Рассмотрим два подобных треугольника с общей вершиной в точке А. Основания этих равнобедренных треугольников - диаметр монеты и диаметр Луны. Искомое расстояние x представляет собой высоту АМ меньшего треугольника. Введём обозначения: d - диаметр монеты, D –диаметр Луны, L – расстояние от точки A до Луны. Из подобия треугольников следует пропорция:

$$\frac{d}{D} = \frac{x}{L}$$

Из справочных данных берём числовые значения: $D = 3474$ км, $L = 384400$ км. Выразим величину x из уравнения и, проведя вычисления, получим: $x = 2{,}21$ м.

2. Выброс плазмы достигнет Земли $t = 150\ 000\ 000$ км / 1 500 км/с = 100 000 с = 30 часов. Всплеск радиоизлучения, которое распространяется со скоростью света, достигнет Земли через $t = 150\ 000\ 000$ км / 300 000 км/с = 500 с = 8 минут.

3. По закону Архимеда, сфера будет плавать при выполнении условия: $mg \le \rho g V$, где g — ускорение свободного падения у поверхности Венеры, $\rho = \frac{p_0 M}{RT}$ — плотность атмосферы Венеры, $T = t + 273^0$C — абсолютная температура атмосферы, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ — объем тела. Ответ: $m \le \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{p_0 M}{RT} \approx 249$кг.

4. Как известно, смена времен года на Земле в настоящее время обусловлена изменениями в освещенности различных участков земной поверхности Солнцем в связи с наклоном оси вращения Земли к плоскости орбиты и поступательным перемещением этой оси в пространстве. Изменение расстояния Земли от Солнца, практически, не вносит вклада в смену времен года вследствие малого эксцентриситета земной орбиты. Если же это расстояние будет меняться в значительных пределах, то при наклоне оси 90^0 именно этот фактор будет причиной смены «времен года». Когда Земля будет в афелии сильно вытянутой орбиты, на все Земле будет «зима», когда в перигелии – «лето», так как изменение освещенность различных участков поверхности Земли будет определяться только изменением расстояния до Солнца. Если наклон оси вращения планеты к орбите равен 90°, то каждые сутки на всей поверхности планеты ровно половину суток будет длиться ночь, половину - день. Можно сказать, что на такой планете будет вечное равноденствие. Полярного дня или полярной ночи (дня или ночи, продолжающихся непрерывно в течение двух или более суток) не будет нигде. Не будет и тропической зоны, признаком которой является кульминация Солнца в зените дважды в году. В нашей ситуации Солнце будет кульминировать в зените ежедневно на экваторе.

ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ (2018 – 2019)

9 класс

1. Луна должна быть почти втрое меньше диаметра земной тени на расстоянии лунной орбиты. Ночная сторона нашего спутника, разумеется, должна быть тёмной.

2. Расстояние между Землей и Марсом может быть от 0.4 а.е. в великих противостояниях до 2.6 а.е. в соединении. Примем, что Марс находится на расстоянии в 2 а.е. Тогда время распространения радиосигнала от Марса к Земле и обратно составляет 2000 секунд или 33 минуты. За это время марсоход должен пройти не более 10 метров, то есть его безопасная скорость составляет 30 сантиметров в минуту. Во время великих противостояний марсоход может двигаться в пять раз быстрее, со скоростью 1.5 метра в минуту.

3. Пусть m — масса спутника, M — масса планеты радиусом r, v — скорость движения спутника по орбите радиуса R. Уравнение движения спутника имеет вид: $\frac{mv^2}{R} = G\frac{mM}{R^2}$ Учитывая, что $M = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$, $T = \frac{2\pi R}{v}$, $R = rn$ получаем: $\rho = \frac{3\pi n^3}{GT^2}$.

4. Синодический период, как промежуток времени между одноименными последовательными конфигурациями планеты, определяется разностью угловых скоростей планеты и Земли. Выражая угловую скорость через период (если орбита планеты близка к круговой), можно получить 2 уравнения синодического движения для внутренних и внешних планет: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{Земли}}}$ и $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T}$. Внешняя планета не может иметь такого синодического периода.

   Внутренняя – может, при периоде обращения $T = 0.5$ года и радиусе орбиты ($a = T^{3/2}$) $a = 0.63$ а.е.

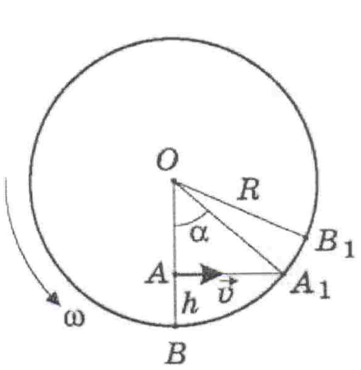
5. При склонении больше +56° разность равна 2·(90° – δ). При склонении от –56° до +56° разность составляет 2· (90° – 56°) = 68°. При склонении ниже –56° разность равна 2· (δ + 90°).

6. Время, за которое распространился ВКМ (выброс корональной массы) - 36 мин или 2160 с. Диаметр Солнца равен 1392000 км. Размер выброса в 3 раза больше. R= 4 176 000 км. Скорость $V=R/t$= 4176 000 000 м /2160 с = 1,93 106 м/с.

ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ (2018 – 2019)

10 класс

1. Не будут видны звезды, отстоящие от Солнца на ±18° по прямому восхождению, то есть занимающие 1/10 небесной сферы. Поэтому можно будет увидеть примерно 5400 звезд.



2. Рассмотрим движение предмета в невращающейся системе отсчета, связанной с кораблем (см. рисунок). В этой системе предмет, выпущенный из руки в точке А, имеет скорость $v = \omega(R - h)$, направленную перпендикулярно к ОА. Поскольку сопротивление воздуха и влияние небесных тел пренебрежимо малы, предмет движется прямолинейно и равномерно и за время $\tau = \frac{AA_1}{v}$ достигает пола в точке A_1. Точка В (подошвы ног космонавта) за это время переместится в положение B_1. Обозначив через ω угловую скорость вращения корабля, находим, что длина дуги: $\cup BB_1 = \omega R\tau = \omega R\frac{AA_1}{\omega(R-h)} = Rtg\alpha$. Поскольку длина дуги, $\cup BA_1 = R\alpha$ искомое расстояние (длина дуги $\cup A_1B_1$) равно: $\cup A_1B_1 = \cup BB_1 - \cup BA_1 = R(tg\alpha - \alpha)$).

Ответ: $l = R(tg\alpha - \alpha)$, где $\alpha = \frac{\arccos(R-h)}{R}$.

3. Светимость звезды пропорциональна R^2, где R – радиус звезды. Т.к. светимость звезды изменится $\frac{L_2}{L_1} = 2{,}512^8 \approx 1600$, То звезда станет ярче в 1600 раз, то есть ее радиус увеличится в 40 раз.

4. Обозначим большую звезду 1, а меньшую 2. Найдем расстояние в перицентре и апоцентре для каждой звезды относительно центра масс. Центр масс находится по правилу рычага: $\frac{R_{a1}}{R_{a2}} = \frac{M_2}{M_1}$ и $R_{a1} + R_{a2} = R_{\max}$. Подставляя величины в данные формулы получаем $R_{a1} = \frac{1}{4}R_{\max} = 20а.е.$, а $R_{a2} = \frac{3}{4}R_{\max} = 60а.е.$ Аналогично проводятся расчеты для нахождения расстояний в перицентре $\frac{R_{p1}}{R_{p2}} = \frac{M_2}{M_1}$; $R_{p1} + R_{p2} = R_{\min}$. Подставляя величины в данные формулы получаем: $R_{p1} = 15а.е.$ и $R_{p2} = 45а.е.$ Так как эксцентриситеты орбит звезд совпадают, то можно найти его только для одной звезды $\frac{R_{a1}}{R_{p1}} = \frac{1+e}{1-e}$; $\frac{4}{3}(1-e) = 1+e$. Отсюда $e = \frac{1}{7} = 0{,}14$. Большая полуось двойной системы $a_1 = \frac{1}{2}(R_{\min} + R_{\max}) = 70а.е.$ Период обращения системы можно найти с помощью уточненного закона Кеплера (сравним с системой Солнце-Земля). $\frac{(M_1+M_2)}{(M_c+M_з)}\frac{T_1^2}{T_з^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Тогда $T_1 = T_з\sqrt{\frac{(M_c+M_з)}{(M_1+M_2)}\frac{a_1^3}{a_з^3}}$. Выражая период в годах, а большую полуось в астрономических единицах получим T_1=293 года.

5. На Северном полюсе можно видеть лунные затмения зимой (21 февраля) и некоторые из солнечных затмений летом (затмение 1 августа там будет видно)

6. Найдем скорости объектов перед столкновением. Для этого найдем расстояние от Солнца до спутника в афелии его орбиты: Q=2a-q=3.5 а.е. (q – расстояние в перигелии, a – большая полуось) и эксцентриситет орбиты спутника: q=a(1-e), отсюда e=1-q/a=0.75. Т.к. столкновение происходит в афелии орбиты спутника, то скорость спутника будет равна

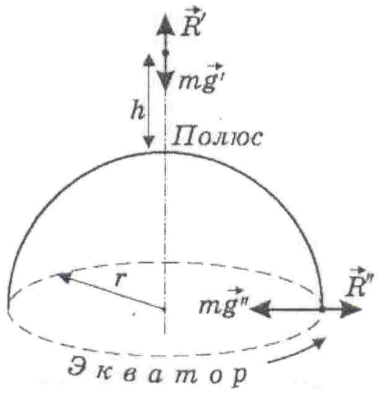
$V=\sqrt{\frac{GM_0}{a}\cdot\frac{1-e}{1+e}}$; $V=V_k\sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$; V= 8 км/с, где M_0 – масса Солнца, V_k = 21,1 км/с – скорость кругового движения по орбите с a=2 а.е. (скорость движения астероида). Энергия, выделившаяся при столкновении будет равна (полный корректный вывод требует рассмотрения закона сохранения энергии совместно с законом сохранения импульса): $E=\frac{mV_{от}^2}{2}$, где $V_{от}$ – скорость сближения объектов. Возможно 2 случая – столкновение на встречных курсах и столкновение спутника с догоняющим его астероидом. 1) $V_{от}$=29.1 км/сек, E=8.5*10^{11} Дж, что соответствует 2*10^5 кг или 200 тонн в тротиловом эквиваленте. 2) $V_{от}$=13.1 км/сек, E=1.7*10^{11} Дж, что соответствует 4*10^4 кг или 40 тонн в тротиловом эквиваленте.

ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ (2018 – 2019)

11 класс

1. Изменение блеска Солнца, наблюдаемого с Эриды, будет вызвано изменением расстояния до него из-за орбитального движения планеты. Расстояние в афелии орбиты $R_a=a(1+e)$, а в перигелии $R_p=a(1-e)$. По формуле Погсона амплитуда этого изменения будет равна: $\Delta m = 2{,}5\lg\frac{E_p}{E_a} = 2{,}5\lg\frac{R_a^2}{R_p^2} = 5\lg\frac{R_a}{R_p} = 5\lg\frac{1+e}{1-e} = 2{,}05$.

2. Предположим сначала, что Новосибирск и Москва расположены в середине своих часовых поясов. Предположим, также, что самолет летит вдоль параллели, на которой расположены Москва и Новосибирск. Поскольку Новосибирск находится восточнее Москвы, самолет летит с востока на запад, т.е. Против вращения Земли. В таком случае, чтобы вылететь и приземлиться в одно и то же поясное время самолет должен двигаться с той же скоростью, что и скорость вращения Земли на широте Москвы (Новосибирска). Теперь учтем, что Москва и Новосибирск не обязательно должны располагаться в середине своих часовых поясов. Пусть n — разница часовых поясов Москвы и Новосибирска. Один часовой пояс занимает на поверхности Земли полосу 15°. Если Москва расположена на западной границе часового пояса, а Новосибирск на восточной границе, то расстояние между ними составит 15° (n + 1), а если Москва находится на восточной границе пояса (как есть на самом деле), а Новосибирск на западной, то расстояние между ними составит 15° (n — 1). Длина одного градуса на широте Москвы составляет 62 км. Значит, расстояние между Москвой и Новосибирском составляет 930 (n ± 1) км. Отсюда мы видим, что абсолютная погрешность определения скорости самолета составляет 930 км/ч, вне зависимости от того, сколько часовых поясов разделяет Москву и Новосибирск. Относительная погрешность равна 1/n.



3. Силы, действующие на тело на полюсе и на экваторе, изображены на рисунке, где g' и g'' — ускорения, вызываемые силой тяжести, R′ и R″ — силы реакции опор, на которых покоится тело. Для тела, находящегося на высоте h на полюсе, сила тяжести и сила реакции опоры уравновешены и его вес по величине равен: $p' = R' = \frac{mg}{(1+\frac{h}{r})^2}$. Тело, находящееся на экваторе, движется по окружности, радиус которой равен радиусу планеты. Следовательно, сила тяжести и сила реакции опоры не уравновешены и, по второму закону Ньютона, $m\omega^2 r = mg - R'$, где ω — угловая скорость вращения планеты. Поэтому вес тела на экваторе по величине равен $P''=R''=mg-m\omega^2 r$. По условию, $mg - m\omega^2 r = \frac{mg}{(1+\frac{h}{r})^2}$, откуда

$\omega^2 = \frac{g}{r}\cdot\frac{(1+h/r)^2-1}{(1+h/r)^2}$. Учитывая, что период вращения планеты $T=\frac{2\pi}{\omega}$, получаем:

$$T = 2\pi(1+\frac{h}{r})\cdot\sqrt{\frac{r}{g\left[(1+\frac{h}{r})^2-1\right]}}$$

4. $R=\frac{V}{H}=(\Delta\lambda/\lambda_0)$, где c=3*10^5 км/с, $\Delta\lambda/\lambda=0{,}1$, H=60 км/Мпк. Расстояние до галактики R= 500 Мпк. Линейный размер $d=R\sin 1'$=145 кпк.

5. Красное смещение квазара существенно меньше единицы, и мы можем пользоваться нерелятивистскими формулами. Скорость удаления квазара составляет 47.4 тысяч километров в секунду. Считая постоянную Хаббла равной 65 км/(с·Мпк), получаем, что расстояние до квазара r равно 730 Мпк. Абсолютная величина квазара равна $M = m + 5 - 5\lg r = -26.5^m$. Светимость квазара составляет $3\cdot10^{12}$ светимостей Солнца или 10^{39} Вт.

6. Найдем скорости объектов перед столкновением. Для этого найдем расстояние от Солнца до спутника в афелии его орбиты: Q=2a-q=3.5 а.е. (q – расстояние в перигелии, a – большая полуось) и эксцентриситет орбиты спутника: q=a(1-e), отсюда e=1-q/a=0.75. Т.к. столкновение происходит в афелии орбиты спутника, то скорость спутника будет

равна $V = \sqrt{\frac{GM_0}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e}}$; $V = V_k\sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$; V= 8 км/с, где M_0 – масса Солнца, V_k = 21,1 км/с – скорость кругового движения по орбите с a=2 а.е. (скорость движения астероида). Энергия, выделившаяся при столкновении будет равна (полный корректный вывод требует рассмотрения закона сохранения энергии совместно с законом сохранения импульса): $E = \frac{mV_{от}^2}{2}$, где $V_{от}$ – скорость сближения объектов. Возможно 2 случая – столкновение на встречных курсах и столкновение спутника с догоняющим его астероидом. 1) $V_{от}$=29.1 км/сек, E=8.5*10^{11} Дж, что соответствует 2*10^5 кг или 200 тонн в тротиловом эквиваленте. 2) $V_{от}$=13.1 км/сек, E=1.7*10^{11} Дж, что соответствует 4*10^4 кг или 40 тонн в тротиловом эквиваленте.