

10 класс

1. Для того, чтобы найти скорость движения Солнца относительно центра масс (барицентра) Солнечной системы, следует понять, почему центр Солнца не совпадает с барицентром. Это является следствием наличия в Солнечной системе других массивных тел. Что это за тела? Очевидно, что они должны быть достаточно тяжелыми. Самое тяжелое, что имеется — планеты. Если некоторая планета имеет период обращения вокруг Солнца, равный P , радиус орбиты r и массу m , то в таком случае скорость ее движения по орбите $v = 2\pi r/P$. Из закона сохранения импульса (или правила рычага вкупе с определением положения центра масс) следует, что $mv = MV$, где M — масса Солнца, а V — его скорость относительно центра масс. Тогда $V = 2\pi \frac{r}{P} \frac{m}{M}$, и, учитывая III закон Кеплера $P = r^{3/2}$, если периоды мы измеряем в годах, а расстояния — в астрономических единицах), окончательно получаем $V = \frac{2\pi}{\sqrt{r}} \frac{m}{M}$. Массы всех планет земной группы явно слишком малы, и их можно не учитывать. Остаются планеты-гиганты. Однако, поскольку самая массивная планета-гигант — Юпитер одновременно является и самой близкой к Солнцу, очевидно, что именно Юпитер является главной причиной движения Солнца вокруг центра масс Солнечной системы. Радиус его орбиты составляет около 5 а.е.,

$$V \approx \frac{2 \cdot 3}{\sqrt{5}} 10^{-3} \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ а.е./год.}$$

масса составляет около 1/1000 массы Солнца, поэтому: Соответственно, за один год Солнце проходит около 0.003 а.е. При желании ответ можно (но не обязательно нужно) перевести, например, в километры.

2. Абсолютная звездная величина Солнца примерно $+5^m$. Это означает, что Солнце, находясь на расстоянии 10 пк, имело бы видимую звездную величину $+5^m$. Если Солнце будет располагаться в 10 раз дальше, то освещенность, создаваемая им (прямо пропорциональная светимости и обратно пропорциональная квадрату расстояния) станет меньше в 10^2 раз. Следовательно, светимость звезды в 100 раз больше, чем светимость Солнца. Тогда для того, чтобы освещенность, создаваемая звездой на планете, совпала с освещенностью, создаваемой Солнцем на Земле, нужно, чтобы планета располагалась от звезды в 10 раз дальше, чем Земля от Солнца, т.е. искомое расстояние должно равняться 10 а.е.
3. «Земные» усилия можно оценить по силе давления человека на Землю при совершении прыжка. Приобретенная потенциальная энергия в верхней точке прыжка на Земле равна работе сил, действующих на человека во время разгона: $(N - mg)S = mgh$. Здесь N — сила реакции опоры, mg — сила притяжения к Земле, S — перемещение человека при приседании, h — высота наибольшего подъема человека при прыжке на Земле. Подставляя данные условия задачи: $S = h$, получим: $N = 2mg$. Сила притяжения к астероиду много меньше силы притяжения к Земле. Применяя теорему об изменении кинетической энергии человека при прыжке на астероиде: $mv^2/2 = NS = 2mgS$, получим для скорости v отрыва человека от астероида: $v = (4gS)^{0.5} = 2m/c$, (полагая $g = 10m/c^2$). Оценим вторую космическую скорость v_a при отрыве от астероида. При одинаковой средней плотности Земли и астероида: $v_a = v_s(R_a/R_z)$, где $R_{a,z}$ — соответственно радиусы астероида и Земли, v_s — вторая космическая скорость отрыва от Земли. Подставляя радиус Земли (6400 км), $v_s = 11 \text{ км/с}$ и данные условия задачи, получим: $v_a \approx 1,7 \text{ м/с} < v$. Мы получили, что приобретенная вовремя попытки прыжка человека на астероиде начальная скорость больше второй космической скорости, поэтому человек на астероиде не удержится.

4. Будем считать, что вся энергия движения частицы «высвечивается» при ее сгорании. Тогда светимость метеора $L_M = \frac{MV^2}{2\tau}$, где τ — время сгорания, V — начальная скорость метеора, M — масса метеора. Выражая массу через плотность ρ метеорного вещества и диаметр d частицы, получим: $L_M = \frac{\rho \pi d^3 V^2}{12\tau}$. По формуле Погсона:

$$\frac{L_{\text{Сол}}}{r_{\text{Сол}}^2} \cdot \frac{L_M}{r_M^2} = 2,51^{m_M - m_{\text{Сол}}}, \text{ где } m_M - \text{видимая звездная величина метеора, } m_{\text{Сол}} - \text{видимая звездная величина Солнца, } r_M -$$

расстояние от наблюдателя до метеора, $r_{\text{Сол}}$ - расстояние от земли до солнца, $L_{\text{Сол}}$ - светимость Солнца. Для времени сгорания τ получим:

$$\tau = 2,51^{m_M - m_{\text{Сол}}} \cdot \frac{r_{\text{Сол}}^2}{r_M^2} \cdot \rho \pi d^3 v^2 = \frac{2,51^{30} \left(\frac{1,5 \cdot 10^8}{10^2} \right)^2 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 10^{-9} \cdot (3 \cdot 10^4)^2}{12 \cdot 3 \cdot 10^{26}} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$$

5. Рассмотрим 3 возможных случая: 1) Лучевая скорость пульсара направлена от наблюдателя. 2) Лучевая скорость пульсара направлена к наблюдателю. 3) Лучевая скорость пульсара в момент наблюдения равна нулю. В первом случае пульсар удаляется от Земли, и с ростом расстояния до наблюдателя угол между вектором его лучевой скорости и вектором полной скорости уменьшается. Следовательно, скорость удаления пульсара от наблюдателя медленно возрастает, поэтому частота импульсов, согласно эффекту Доплера, должна падать. Во втором случае пульсар приближается к Земле, и с уменьшением расстояния до наблюдателя угол между вектором его лучевой скорости и вектором полной скорости возрастает. Следовательно, скорость приближения пульсара к наблюдателю медленно уменьшается, поэтому частота импульсов, согласно эффекту Доплера, должна падать. В третьем случае пульсар начинает медленно удаляться от Земли, его лучевая скорость возрастает от нулевого значения. Поэтому частота импульсов, согласно эффекту Доплера, должна падать. Таким образом, во всех случаях должно наблюдаться медленное уменьшение частоты импульсов пульсара. Кстати, по своей ожидаемой величине оно вполне доступно измерениям для не очень далеких пульсаров, и лишь медленное торможение вращения радиопульсаров, так же приводящее к уменьшению частоты импульсов, затрудняет наблюдательное обнаружение рассматриваемого здесь эффекта.
6. а) Рис.1 – Орион, латинское название Oгion, α Ориона (α Ori) – Бетельгейзе, звездная величина 0,42^m.
 Рис.2 – Большая Медведица, латинское название Ursa Major, α Б.Медведицы (α UMa) – Дубхе, звездная величина 1,79^m.
 Рис.3 – Лебедь, латинское название Cygnus, α Лебеда (α Cyg) – Денеб, звездная величина 1,25^m.
- в) Орион наблюдается в вечернее время зимой,
 Большая Медведица – незаходящее созвездие и наблюдается круглый год,
 Лебедь – летом и осенью.
- с) Для Ориона - Большая туманность Ориона, туманность Конская Голова, кратная система Тrapeция.
 Для Большой Медведицы - оптически двойная звезда Мицар – Алькор.
 Для Лебеда – туманность Северная Америка, двойная Альбирео.