

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА

11 КЛАСС

Ответ к заданию 1. В. Гершель открыл в 1781 году планету Уран, в 1789 г., создав самый большой к тому времени телескоп (фокусное расстояние 12 м, диаметр зеркала 126 см), изучает строение Млечного Пути и наблюдает движения двойных звёзд. В результате своих наблюдений приходит к выводу о том, что Млечный Путь имеет форму диска, а Солнечная система входит в состав Млечного Пути.

В. Гершель также внимательно следил за всеми открытиями и изобретениями в области физики. Изучая оптический спектр, он в 1800 году обнаружил при помощи высокоточного термометра, что в примыкающей к красной области невидимой части спектра температура увеличивается. Так была открыта инфракрасная область спектра.

Ответ к заданию 2. Из рассмотрения небесной сферы в проекции на плоскость небесного меридиана получаем условие нахождения светила в зените в момент его кульминации: $\varphi = \delta$.

Поскольку Антарес находится в южной части небесной сферы, то и кульминировать в зените она будет в южном полушарии Земли на географической широте $\varphi = -26^{\circ} 19'$ ($26^{\circ} 19'$ южной широты).

Ответ к заданию 3. Пусть Луна находится на расстоянии h над Землёй (Землю и Луну рассматриваем как материальные точки). «Остановившаяся» Луна будет падать на Землю по прямой. Будем рассматривать отрезок h этой прямой как очень вытянутый эллипс с большой полуосью $a = h/2$ и малой полуосью $b \rightarrow 0$ (действительно, отрезок можно определить как эллипс, у которого фокусы находятся на концах). Тогда время падения $t = T/2$, где T – период движения по эллипсу. Применяя обобщённый третий закон Кеплера, получаем

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G(M_1 + M_2)}{4\pi^2},$$

где M_1 – масса Земли, M_2 – масса Луны. Подставляя в эту формулу величины h и t , находим время падения «остановившейся» Луны

$$t = \frac{\pi h}{2} \sqrt{\frac{h}{2G(M_1 + M_2)}}.$$

Подстановка численных данных приводит к результату $t = 417794,9 \text{ с} = 4,8$ суток.

Ответ к заданию 4. 1. Полная механическая энергия движущегося спутника

$$E = E_k + E_{\text{п}},$$

где $E_{\text{П}} = - G \frac{mM}{R+h}$ есть потенциальная энергия спутника массой m в поле тяготения Земли массой M и радиусом R на высоте h ,
 $E_{\text{К}} = mV^2/2$ – кинетическая энергия спутника.

Предположим, что спутник движется по круговой орбите. Тогда его круговая скорость определится по формуле

$$V^2 = \frac{GM}{R+h}.$$

Используя указанные формулы, можно выразить полную механическую энергию через энергию потенциальную: $E = E_{\text{П}}/2 = - E_{\text{К}}$.

2. При движении на небольших высотах (от 200 км до 1000 км) спутник взаимодействует с молекулами атмосферного воздуха, отдавая ему часть своей полной энергии. Из полученных формул следует, что при уменьшении полной энергии спутника его кинетическая энергия будет возрастать, а потенциальная, – убывать. Таким образом, скорость спутника будет увеличиваться (это явление называется парадоксом спутника), а высота орбиты, – уменьшаться.

Ответ к заданию 5. Согласно закону Стефана-Больцмана светимости звёзд пропорциональны $T^4 R^2$. Поскольку светимости звёзд равны, а температуры отличаются в 2 раза, то радиус второй звезды будет в 4 раза больше радиуса первой звезды. Поскольку плотность обратно пропорциональна объёму, а объём прямо пропорционален R^3 , то при равенстве масс отношение плотностей $\rho_1/\rho_2 = 4^3 = 64$. Таким образом, у более горячей звезды плотность больше в 64 раза.

Ответ к заданию 6. Если источник света приближается к приёмнику, то всегда наблюдается смещение линий спектра излучения в голубую сторону. Это объясняется эффектом Доплера. Таким образом, казалось бы, линии в спектре приближающегося к Солнцу белого карлика должны быть смещены в голубую сторону спектра. Однако не следует забывать, что у поверхности белого карлика очень сильное поле гравитации (масса порядка солнечной, а радиус порядка земного). Поэтому необходимо учитывать так называемое гравитационное красное смещение, предсказанное в 1911 году А. Эйнштейном:

$$Z_G = \frac{GM}{c^2 R},$$

где c – скорость света в вакууме.

Численная подстановка даёт значение $Z_G = 0,0002$.

Определим доплеровское смещение по формуле:

$$Z_D = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{V}{c}.$$

Численная подстановка даёт $Z_D = 0,0002$. Таким образом, в целом не будет наблюдаться смещение линий ни в красную, ни в голубую сторону спектра.