

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике.

10 класс. 2013-2014 учебный год

Задача 1. Как известно, максимальная дальность полёта снарядов s_0 наблюдается при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ (если местность, где происходит стрельба, плоская и можно пренебречь сопротивлением воздуха). Скорость вылета снаряда из пушки испытывает флуктуации (отклонения – например, потому, что в них разное количество пороха), и поэтому при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ снаряды летят на расстояние $s_0 \pm \Delta s_0$. Чему будет равна неточность Δs попадания в цель при стрельбе под другими углами α ? Изобразите примерный график зависимости $\Delta s(\alpha)$.

Задача 2. На наклонную плоскость с углом α помещена плоская плита массой m_2 , а на неё – брусок массой m_1 . Коэффициент трения между бруском и плитой k_1 . Определить при каких значениях коэффициента трения k_2 между плитой и плоскостью плита не будет двигаться, если известно, что брусок скользит по плите.

Задача 3. При помощи термометра, имеющего теплоёмкость C_0 и находящегося при комнатной температуре T_0 , измеряют температуру горячей воды массой m и удельной теплоёмкостью c , находящейся в калориметре при температуре T . Чему будет равна относительная ошибка измерения температуры $\delta = \Delta T/T$, вносимая термометром? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности δ от измеряемой температуры воды T и от массы воды в калориметре m .

Задача 4. Предохранитель в цепи электрического тока составлен из двух параллельно соединённых плавких предохранителей. Один из них имеет сопротивление R_1 и рассчитан на максимальное значение тока I_1 , а второй – сопротивление R_2 и рассчитан на ток I_2 . Какое максимальное значение силы тока может выдержать составной предохранитель?

Задача 5. Цилиндрическая трубка радиусом R с зеркальной внутренней поверхностью закрыта с одного торца непрозрачной крышкой с небольшим отверстием в центре. На оси трубки, на расстоянии l от закрытого торца расположен точечный источник света S . На расстоянии L от трубки, перпендикулярно её оси помещён плоский экран. При этом на экране образуется система освещённых колец. Объясните причину их возникновения и найдите радиусы колец. Дифракцию света не учитывать.

Решения

Задача 1.

Как известно, максимальная дальность полёта снарядов s_0 наблюдается при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ (если местность, где происходит стрельба, плоская и можно пренебречь сопротивлением воздуха). Скорость вылета снаряда из пушки испытывает флуктуации (отклонения – например, потому, что в них разное количество пороха), и поэтому при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ снаряды летят на расстояние $s_0 \pm \Delta s_0$. Чему будет равна неточность Δs попадания в цель при стрельбе под другими углами α ? Изобразите примерный график зависимости $\Delta s(\alpha)$.

Уравнения движения тела, брошенного с начальной скоростью v под углом к горизонту α :

$$x = v \cos \alpha \cdot t, \quad (1)$$

$$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2. \quad (2)$$

Дальность полёта s можно определить, как горизонтальное расстояние, которое пролетел снаряд до момента падения

$$t^* = \frac{2v \sin \alpha}{g}, \quad (3)$$

$$s = \frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha. \quad (4)$$

Если скорость вылета снаряда испытывает малые флуктуации $v = v_0 \pm \Delta v_0$, то и дальность полёта будет испытывать малые флуктуации

$$s \pm \Delta s = \frac{(v_0 \pm \Delta v_0)^2}{g} \sin 2\alpha = \frac{v_0^2 \pm 2v_0 \Delta v_0 + \Delta v_0^2}{g} \sin 2\alpha \approx \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \pm \frac{2v_0 \Delta v_0}{g} \sin 2\alpha, \quad (5)$$

откуда

$$\Delta s = \frac{2v_0 \Delta v_0}{g} \sin 2\alpha. \quad (6)$$

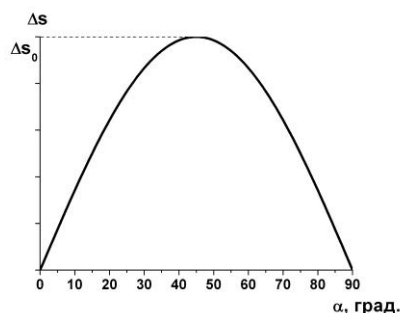
При стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ неточность стрельбы максимальна и равна

$$\Delta s_0 = \frac{2v_0 \Delta v_0}{g}. \quad (7)$$

Отсюда

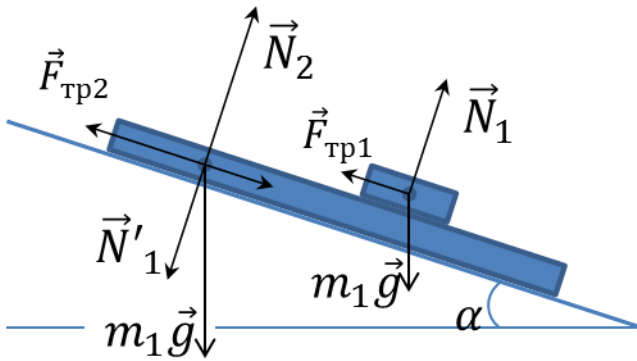
$$\Delta s = \Delta s_0 \sin 2\alpha. \quad (8)$$

Примерный график зависимости $\Delta s(\alpha)$ изображён на рисунке.



Задача 2.

На наклонную плоскость с углом α помещена плоская плита массой m_2 , а на неё – брусок массой m_1 . Коэффициент трения между бруском и плитой k_1 . Определить при каких значениях коэффициента трения k_2 между плитой и плоскостью плита не будет двигаться, если известно, что брусок скользит по плите.



Запишем второй закон Ньютона для бруска тела:

$$\vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}1} + m_1\vec{g} = m_1\vec{a}.$$

В проекциях на оси координат:

$$N_1 = m_1g \cos \alpha,$$

$$-F_{\text{тр}1} + m_1g \sin \alpha = m_1a.$$

Второй закон Ньютона для плиты:

$$\vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}1} + m_2\vec{g} + \vec{N}'_1 + \vec{F}_{\text{тр.пок.2}} = 0.$$

В проекциях на оси координат:

$$N_2 = N_1 + m_2g \cos \alpha = (m_1 + m_2)g \cos \alpha.$$

Условие покоя для плиты:

$$k_2N_2 \geq F_{\text{тр.пок.2}} \geq F_{\text{тр}1} + m_2g \sin \alpha$$

$$k_2N_2 \geq k_1N_1 + m_2g \sin \alpha$$

$$k_2(m_1 + m_2)g \cos \alpha \geq k_1m_1g \cos \alpha + m_2g \sin \alpha$$

$$k_2 \geq k_1 \frac{m_2}{m_1 + m_2} + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \operatorname{tg} \alpha$$

Задача 3.

При помощи термометра, имеющего теплоёмкость C_0 и находящегося при комнатной температуре T_0 , измеряют температуру горячей воды массой m и удельной теплоёмкостью c , находящейся в калориметре при температуре T . Чему будет равна относительная ошибка измерения температуры $\delta = \Delta T/T$, вносимая термометром? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности δ от измеряемой температуры воды T и от массы воды в калориметре m .

Уравнение теплового баланса

$$mcT + C_0T_0 = (mc + C_0)\Theta, \quad (22)$$

где Θ – установившаяся в равновесии температура.

$$\Theta = \frac{mcT + C_0T_0}{mc + C_0}. \quad (23)$$

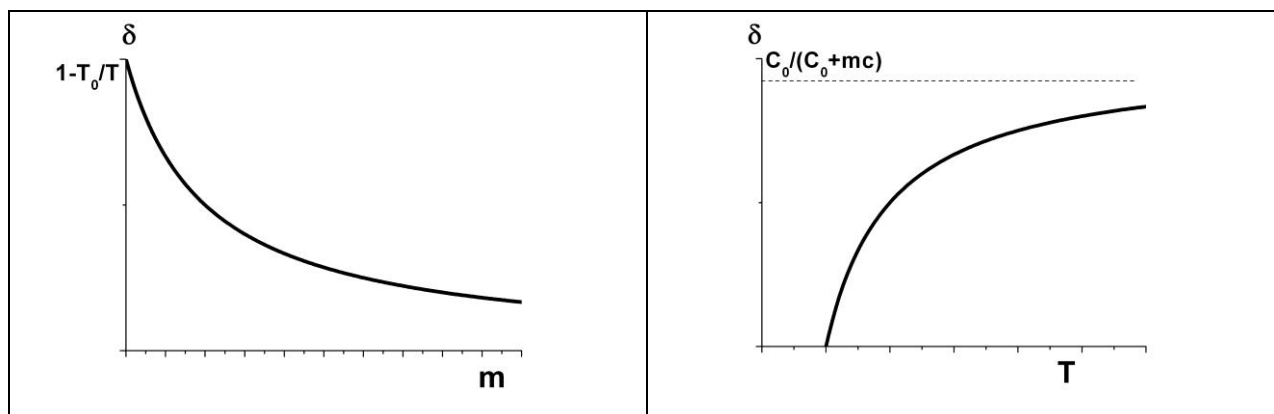
Погрешность измерения будет характеризоваться разностью между температурой воды до измерения и установившейся в тепловом равновесии температуры

$$\Delta T = T - \Theta = T - \frac{mcT + C_0T_0}{mc + C_0} = \frac{C_0(T - T_0)}{mc + C_0}. \quad (24)$$

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta T}{T} = \frac{C_0}{C_0 + mc} \left(1 - \frac{T_0}{T} \right). \quad (25)$$

Примерные графики зависимости относительной погрешности δ от измеряемой температуры воды T и от массы воды в калориметре m изображены на рисунках



Задача 4.

Предохранитель в цепи электрического тока составлен из двух параллельно соединённых плавких предохранителей. Один из них имеет сопротивление R_1 и рассчитан на максимальное значение тока I_1 , а второй – сопротивление R_2 и рассчитан на ток I_2 . Какое максимальное значение силы тока может выдержать составной предохранитель?

Обозначим силу тока через первый предохранитель i_1 , а через второй – i_2 . Так как предохранители соединены параллельно, то

$$i_1 + i_2 = I$$

$$i_1 R_1 = i_2 R_2,$$

где I – сила тока в общей цепи. Из данной системы легко найти

$$i_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad i_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Далее необходимо проанализировать возможные варианты: какой из предохранителей перегорит при возрастании тока во внешней цепи раньше и

перегорит ли после этого второй (смотри аналогичную задачу для 9 класса). Такой анализ приводит к результату

а) при $\frac{I_2}{I_1} < \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ предельное значение силы тока равно I_1 ;

б) при $\frac{R_1}{R_1 + R_2} < \frac{I_2}{I_1} < \frac{R_1}{R_2}$ предельное значение – $I_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1}$;

в) при $\frac{R_1}{R_2} < \frac{I_2}{I_1} < \frac{R_1}{R_2} + 1$ предельное значение – $I_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$;

г) при $\frac{I_2}{I_1} > \frac{R_1}{R_2} + 1$ предельное значение – I_2 .

Задача 5.

Цилиндрическая трубка радиусом R с зеркальной внутренней поверхностью закрыта с одного торца непрозрачной крышкой с небольшим отверстием в центре. На оси трубки, на расстоянии l от закрытого торца расположен точечный источник света S . На расстоянии L от трубки, перпендикулярно её оси помещён плоский экран. При этом на экране образуется система освещённых колец. Объясните причину их возникновения и найдите радиусы колец. Дифракцию света не учитывать.

Образование ярких колец (легко наблюдаемых даже в обыкновенной ручке) объясняется отражением световых лучей от внутренней зеркальной поверхности. (Центральное пятнышко образуется без отражений). Одному отражению соответствует первое кольцо, двум – вторая и т.д. Из подобия треугольников:

$$r_k = \frac{L}{l} 2Rk, \quad k \in N.$$

