

★ 24 задание

Воспользовавшись оборудованием, представленным на рис. 1, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 2), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электрометра заземлил. Соединённая с корпусом электрометра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель сместил одну пластину относительно другой, не изменяя расстояния между ними (рис. 3). Как изменились при этом показания электрометра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электрометра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.

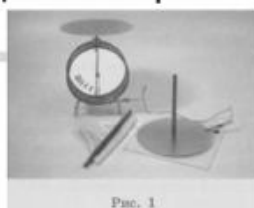


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

1) Стрелка и стержень электрометра, соединенные с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются одновременно, и стрелка отклоняется на некоторый угол.

В верхней пластине и металлическом корпусе электрометра происходит перераспределение свободных электронов так, что верхняя пластина заряжается отрицательно.

2) Заряд пластин одинаков по модулю и противоположен по знаку, пластины образуют конденсатор с емкостью $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ - где

S - площадь перекрывающихся пластин,

d - расстояние между пластинами,

ϵ - диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами.

Характер изменения угла стрелки совпадает с изменением разности потенциалов между пластинами: при увеличении разности потенциалов увеличивается угол отклонения, при уменьшении разности потенциалов угол уменьшается.

3) При уменьшении площади перекрывающихся пластин емкость конденсатора уменьшается, заряд конденсатора практически не меняется, т.к. его емкость много больше емкости системы «корпус + стрелка электрометра», а нижняя пластина вместе со стрелкой и стержнем электрометра образуют изолированную систему заряженных тел. Потенциал разности потенциалов $\Delta\varphi = q/C$ увеличивается, и угол отклонения стрелки электрометра увеличивается.

★ 25 задание

Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его масса 1 кг, а скорость 400 м/с?

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$v = 100 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$v_2 = 400 \text{ м/с}$$

$$\beta = ?$$

Решение:

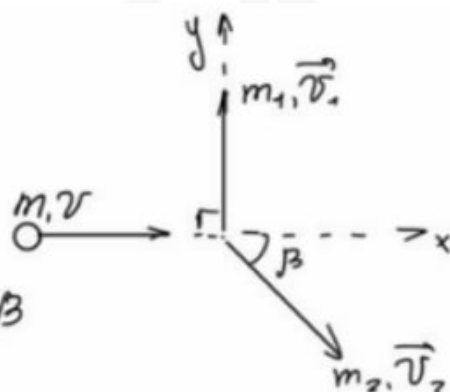
Запишем закон
сохранения энергии:

$$O_x: m v = m_2 v_2 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{m v}{m_2 v_2}$$

$$\Rightarrow \beta = \arccos \left(\frac{m v}{m_2 v_2} \right)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{2 \text{ кг} \cdot 100 \text{ м/с}}{1 \text{ кг} \cdot 400 \text{ м/с}} \right) = 60^\circ$$

Ответ: 60° 

★ 25 задание

Цилиндрический сосуд разделён лёгким теплоизолирующим поршнем на две части. В одной части сосуда находится аргон, в другой – гелий. Концентрация атомов аргона в 2 раза больше, чем атомов гелия. Поршень может двигаться без трения. Определите отношение средней кинетической энергии теплового движения атома аргона к средней кинетической энергии теплового движения атома гелия при равновесии поршня.

Решение:

$$E_{\text{ср.к}} = \frac{3}{2} kT$$

$$P = nkT$$

$$P_1 = n_1 k T_1$$

$$P_2 = n_2 k T_2$$

Ar	He
$2n$	n
T_1	T_2

Равновесие поршня: $P_1 = P_2$

$$n_1 k T_1 = n_2 k T_2$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n}{2n} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{E_{\text{ср.к. Ar}}}{E_{\text{ср.к. He}}} = \frac{\frac{3}{2} k T_1}{\frac{3}{2} k T_2} = \frac{1}{2}$$

Ответ: 0,5

★ 26 задание

Сколько фотонов испускает монохроматический источник света за время $t = 2\text{с}$, если средняя длина волны излучения равна $0,6\text{ мкм}$, коэффициент полезного действия источника равен 18% , а потребляемая от сети мощность $P = 0,2\text{ кВт}$.

Дано:

$$t = 2\text{с}$$

$$\lambda = 0,6\text{ мкм}$$

$$\eta = 18\% = 0,18$$

$$P = 0,2\text{ кВт}$$

 $N - ?$

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} = \frac{NE_{\text{ф}}}{Pt}$$

$$\eta = \frac{N h \frac{c}{\lambda}}{Pt}$$

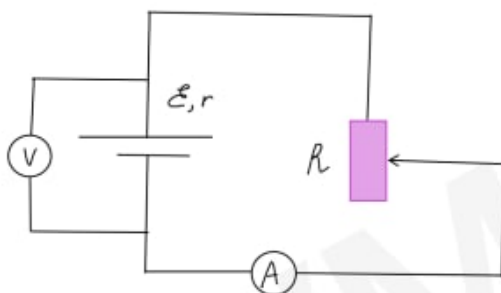
$$N = \frac{Pt\eta}{hc} \lambda = \frac{0,2 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,18 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$N = 2,2 \cdot 10^{20}$$

$$\text{Ответ: } 2,2 \cdot 10^{20}$$

★ 26 задание

При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр — 1 А [см. рис.]. При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными. Ответ приведите в омах.



Решение:

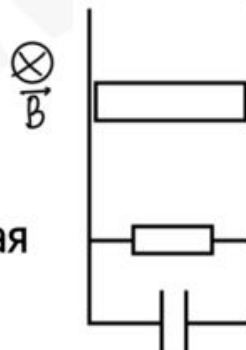
Используем закон Ома для полной цепи:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ сл.} \\ 2 \text{ сл.} \end{array} \quad \begin{cases} \mathcal{E} = I_1 r + U_1 \\ \mathcal{E} = I_2 r + U_2 \end{cases} \Rightarrow r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{6 - 4}{2 - 1} = 2 \text{ Ом}$$

Ответ: 2 Ом.

★ 28 задание

Проводник массой 40 г и длиной 10 см равномерно скользит вниз в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл, вектор которого направлен от наблюдателя (см. рис.). При этом на конденсаторе накапливается заряд 8 мкКл. Найдите энергию, которая накопится на конденсаторе, если сопротивление на резисторе 5 мОм.



Дано:

$$m = 0,04 \text{ кг}$$

$$l = 0,1 \text{ м}$$

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

$$q = 8 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$R = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

 $W_c = ?$

Решение:

1) При движении проводника в магнитном поле в нем возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}$.

По закону Ома сила тока в цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$.
По правилу Ленца поле катушки сонаправлено с внешним полем $\Rightarrow$ по правилу буравчика ток в проводнике направлен вверх.

2) На проводник действует сила Ампера, направленная по правилу левой руки вверх.

По второму закону Ньютона в проекции на вертикальную ось:

$$F_A - mg = 0 \rightarrow BIl = mg \rightarrow \frac{B\mathcal{E}l}{R} = mg$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{mgR}{Bl}$$

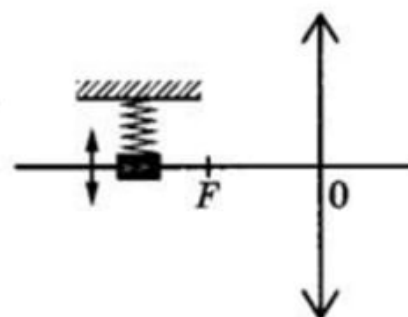
3) Энергия конденсатора: $W_c = \frac{C\mathcal{U}^2}{2} = \frac{q\mathcal{U}}{2}$, напряжение на конденсаторе равно $\mathcal{E}$.

$$\Rightarrow W_c = \frac{q\mathcal{E}}{2} = \frac{qmgR}{2Bl} = \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,1} = 0,2 \text{ (мк Дж)}$$

Ответ: $W_c = 0,2 \text{ мк Дж}$

★ 29 задание

Груз на пружине совершает гармонические колебания перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой 5 дптр [см. рисунок]. С помощью этой линзы получено чёткое изображение груза на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Максимальная скорость изображения равна 1 м/с. Определите максимальную скорость самого груза, считая груз материальной точкой.



Дано:

$$D = 5 \text{ дптр}$$

$$f = 0,5 \text{ м}$$

$$v_{\text{max}}^* = 1 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{max}} = ?$$

Решение:

1) Циклическая частота колебаний груза и изображения совпадает:
 $\omega_{\text{груза}} = \omega_{\text{изображения}} = \omega$

2) Амплитуды линейной скорости груза v_{max} и изображения v_{max}^* :

$$v_{\text{max}} = \omega x_{\text{max}}, \quad x_{\text{max}} - \text{максимальное отклонение груза}$$

$$v_{\text{max}}^* = \omega x_{\text{max}}^*, \quad x_{\text{max}}^* - \text{максимальное отклонение изображения}$$

3) Линейное увеличение линзы по определению:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{x_{\text{max}}^*}{x_{\text{max}}}, \quad d - \text{расстояние от груза до линзы}$$

$$\Rightarrow \frac{x_{\text{max}}^*}{x_{\text{max}}} = \frac{v_{\text{max}}^*}{v_{\text{max}}} = \frac{f}{d}$$

$$\rightarrow v_{\text{max}} = \frac{d}{f} \cdot v_{\text{max}}^* \quad (1)$$

4) По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$$

$$\rightarrow d = \frac{f}{Df - 1} \quad (2)$$

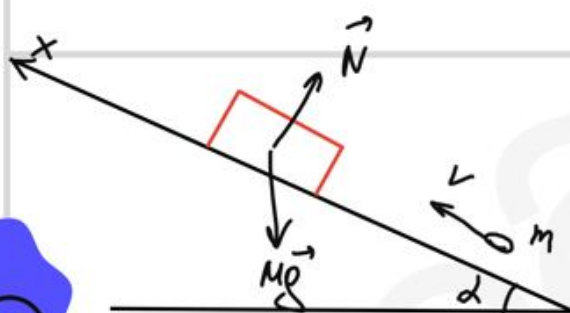
5) Подставим (2) в (1):

$$v_{\text{max}} = v_{\text{max}}^* \cdot \frac{1}{Df - 1} = 1 \cdot \frac{1}{5 \cdot 0,5 - 1} \approx 0,67 \text{ (м/с)}$$

$$\text{Ответ: } v_{\text{max}} \approx 0,67 \text{ м/с}$$

★ 30 задание

По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 250$ г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3,6$ м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой m . Скорость пули $v = 555$ м/с. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние $S = 2,5$ м от места удара. Найдите массу пули m . Трение бруска о плоскость не учитывать.



$$\text{ЗСЗ: } Mg x \sin \alpha = \frac{M v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gx \sin \alpha}$$

$$\text{ЗСУ: } mv - Mv_1 = (M+m)v_2$$

ЗСЗ при подъёме бруска на расстояние S :

$$\frac{(M+m)}{2} v_2^2 = (M+m) g S \sin \alpha \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gS \sin \alpha}$$

Тогда:

$$m = \frac{M \sqrt{2gS \sin \alpha} (\sqrt{x} + \sqrt{S})}{v - \sqrt{2gS \sin \alpha}} = 5 \text{ г}$$

Основание:

1) УСО 2) Мат. точки

3) ЗСЗ: $A_n = 0$ ($\vec{N} \perp \vec{s}$)

4) ЗСУ: $F_{Bu} = 0$, УСО

★ 30 задание

Небольшое тело массой $M = 0,99 \text{ кг}$ лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой $m = 0,01 \text{ кг}$, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 100 \text{ м/с}$, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы, $h = 0,7 \text{ м}$. Высота отсчитывается от основания полусферы. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

Обоснование: 1) Систему отсчёта, связанную с землёй будем считать инерциальной, а тела - материальными точками (т.к. размер тел $\ll R$)
 2) В момент удара импульс проекций внешних сил равен нулю, $\Rightarrow$ выполняется закон сохранения импульса.
 3) На тело действует внеш. кинетическая сила N - сила реакции опоры, т.к. $N \perp$ поверхности сферы её работа равна нулю и выполняется закон сохранения энергии.
 4) В ЦСД движение мат. точки описывается 2-м законом Ньютона.

Дано:

$$M = 0,99 \text{ кг}$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$v_0 = 100 \text{ м/с}$$

$$h = 0,7 \text{ м}$$

R - ?

Решение:

1) По закону сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:

$$mv_0 = (m+M)u_0, \text{ т.е. система «тело-пуля» приобретает совместную со скоростью } u_0$$

$$\rightarrow u_0 = \frac{mv_0}{m+M}$$

2) По 3СЭ: $\frac{(M+m)u_0^2}{2} + (M+m)gR = \frac{(M+m)u^2}{2} + (M+m)gh$,
 u - скорость тела на высоте h .

$$\rightarrow u_0^2 + 2gR = u^2 + 2gh \quad (1)$$

3) Запишем 2 закон Ньютона:

Ось y : $(M+m)a_{yc} = (M+m)g \cos \alpha - N$, $a_{yc} = u^2/R$
 Тело оторвётся при $N=0$, при этом $\cos \alpha = \frac{h}{R}$

$$\rightarrow \frac{u^2}{R} = g \cdot \frac{h}{R} \rightarrow u^2 = gh \quad (2)$$

4) В (2) в (1):

$$\left(\frac{mv_0}{m+M}\right)^2 + 2gR = gh + 2gh \rightarrow R = \frac{3gh - \left(\frac{mv_0}{m+M}\right)^2}{2g}$$

$$R = \frac{3 \cdot 10 \cdot 0,7 - \left(\frac{0,01 \cdot 100}{0,01 + 0,99}\right)^2}{2 \cdot 10} = 1 \text{ м}$$

Ответ: $R = 1 \text{ м}$

