

РАЗБОР ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО ТУРА
ПО ФИЗИКЕ

№1

Материальная точка движется по окружности диаметром 8 м. Зависимость пройденного пути от времени задается уравнением $s=Ct^3$, где $C=0,02$ м/с³. В некоторый момент времени t_1 скорость точки равна $v_1=6$ м/с. Найти полное ускорение и его тангенциальную и нормальную составляющие в момент t_1 .

Решение:

Определим временную зависимость скорости: $v(t) = \frac{ds}{dt} = 3Ct^2$.

Найдем момент времени, соответствующий скорости $v_1=6$ м/с:

$$3Ct_1^2 = v_1 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{v_1}{3C}} = 10\text{с}.$$

Определим временную зависимость тангенциального ускорения:

$$a_\tau(t) = \frac{dv}{dt} = 6Ct, \quad a_\tau(t_1) = 1,2 \text{ м/с}^2.$$

Нормальное (центростремительное) ускорение: $a_n = \frac{v^2}{R}$, $a_n(t_1) = \frac{v_1^2}{R} = 9 \text{ м/с}^2$.

Известно, что $a^2 = a_\tau^2 + a_n^2$, откуда $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$.

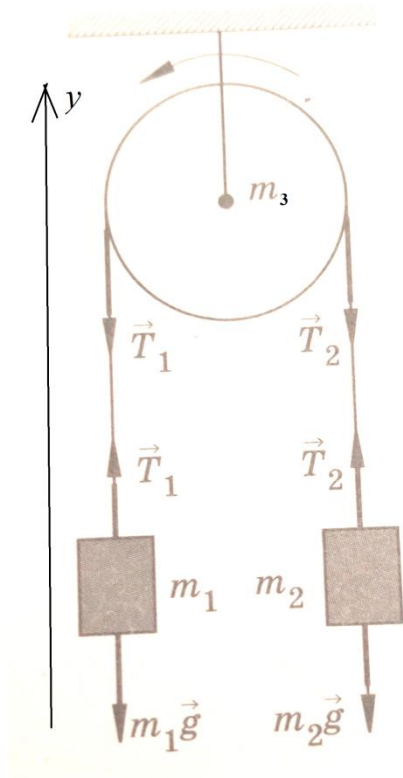
Подставив значения для 10 с получаем: $a_1 \approx 9,08$ м/с.

Ответ: $a_\tau(t_1) = 1,2 \text{ м/с}^2$, $a_n(t_1) = 9 \text{ м/с}^2$, $a_1 \approx 9,08$ м/с.

№2

Через блок перекинута легкая (невесомая) нить, к разным концам которой привязаны гири массами $m_1=3$ кг и $m_2=1$ кг. Блок представляет собой сплошной цилиндр, массой $m_3=2$ кг. Скольжение по нити и трение в оси отсутствует. Влиянием воздуха можно пренебречь ($g=9,8$ м/с²). Найдите силы натяжения нитей и ускорение движения гирь.

Решение:



Сделаем рисунок.

Тела 1 и 2 имеют равное по модулю ускорение.

Запишем второй закон Ньютона для тел на концах нити:

$$-m_1g + T_1 = -m_1a,$$

$$-m_2g + T_2 = m_2a.$$

Применим к блоку уравнение моментов:

$$T_1r - T_2r = J\varepsilon,$$

где ε - угловое ускорение блока, r - радиус блока, J - момент инерции цилиндрического блока.

Учтем что $a = \varepsilon r$, $J = 0,5m_3r^2$.

Уравнение моментов примет вид:

$$(T_1 - T_2)r = \frac{1}{2}m_3r^2 \frac{a}{r} \text{ откуда } 2(T_1 - T_2) = m_3a.$$

Получаем систему трех уравнений с тремя неизвестными, решая которую находим:

$$T_1 = \frac{m_1(4m_2 + m_3)}{2(m_1 + m_2) + m_3} g = 17,6 \text{ Н},$$

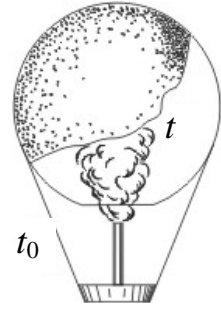
$$T_2 = \frac{m_2(4m_1 + m_3)}{2(m_1 + m_2) + m_3} g = 13,7 \text{ Н},$$

$$a = \frac{2(m_1 - m_2)}{2(m_1 + m_2) + m_3} g = 3,9 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $T_1 = 17,6 \text{ Н}$, $T_2 = 13,7 \text{ Н}$, $a = 3,9 \text{ м/с}^2$.

№3

Аэростат, оболочка (сферической формы) которого имеет массу $M = 145$ кг и объем $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Какую наименьшую температуру t должен иметь воздух внутри оболочки аэростата, чтобы он начал подниматься? Оболочка аэростата нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие (для подачи тепла).



Решение:

Условие подъема шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$,

где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки, отсюда $\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V$,

где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объем шара.

Для воздуха внутри шара: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p – атмосферное давление, T – температура воздуха внутри шара. Соответственно, плотность воздуха снаружи: $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$, где T_0 – температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$$

$$T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ\text{C}.$$

Ответ: 538 К (265°C).

№4

Найти зависимость разности потенциалов в эффекте Холла (э.д.с. Холла) от плотности тока и магнитной индукции. При этом считайте размеры прямоугольного образца и концентрацию носителей заряда известными. Рассчитайте э.д.с. Холла при магнитном поле $B=10$ мТл, плотности тока $0,1$ мА/мм², толщине образца 1 мм и концентрации свободных носителей заряда (электронов) 10^{18} м⁻³.

Теоретические сведения. Если постоянный ток I проходит через пластину прямоугольного сечения, плоскость которой перпендикулярна магнитному полю, между двумя точками на противоположных гранях (рис. 1) возникает напряжение – э.д.с. Холла: U_H . Это э.д.с. возникает под действием силы Лоренца: носители заряда, вызывающие ток через образец, отклоняются в магнитном поле B в зависимости от их знака заряда и скорости v .

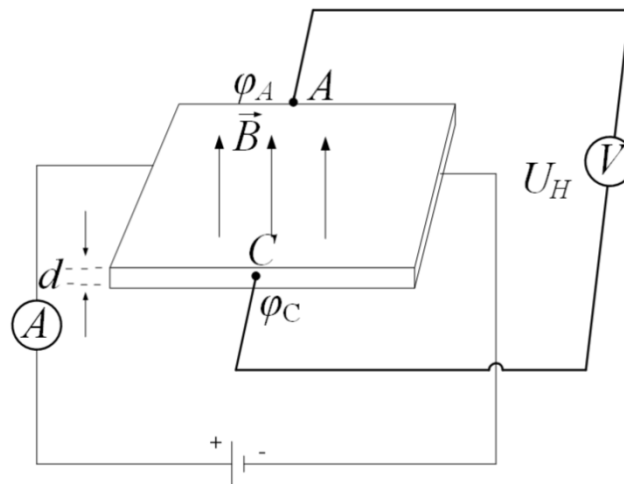


Рис. 1. Эффект Холла в прямоугольном образце ($U_H = \varphi_A - \varphi_C$)

Решение:

Заряды под действием силы Лоренца будут накапливаться до тех пор, пока сила Лоренца не компенсируется возникающим поперечным электрическим полем

$$evB = eE, E = \frac{U_H}{d}. \text{ Откуда } U_H = v \cdot d \cdot B.$$

Скорость зарядов найдем из плотности тока: $j = e \cdot n \cdot v \Rightarrow v = \frac{j}{en}$, где e – заряд электрона, n – концентрация электронов.

$$\text{Получаем: } U_H = \frac{j \cdot d \cdot B}{e \cdot n} \text{ (в СИ).}$$

Подставляем необходимые данные $U_H = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 6,25 \text{ мВ}$

Ответ: $U_H = \frac{j \cdot d \cdot B}{e \cdot n}, 6,25 \text{ мВ}.$

№5

В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_{(1)} = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $v = 1000$ км/с. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

Решение:

Из условия задачи следует, что в балансе энергии не должна участвовать кинетическая энергия атома водорода и образовавшегося иона.

В таком случае кинетическая энергия электрона, вылетевшего из атома,

$E_k = \frac{mv^2}{2}$ согласно закону сохранения энергии подчиняется равенству

$E_k = E_{(1)} + E_\phi$, где $E_\phi = h\nu$ – энергия поглощенного фотона. Отсюда получаем

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} - E_{(1)} \quad \text{и} \quad \nu = \frac{mv^2}{2h} - \frac{E_{(1)}}{h}.$$

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^6)^2}{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} - \frac{(-13,6) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} = \\ &= \frac{9,1 \cdot 10^{-19} + 43,52 \cdot 10^{-19}}{13,2 \cdot 10^{-34}} \approx 4 \cdot 10^{15} \text{ (Гц)}. \end{aligned}$$

Ответ: $\nu \approx 4 \cdot 10^{15}$ (Гц)