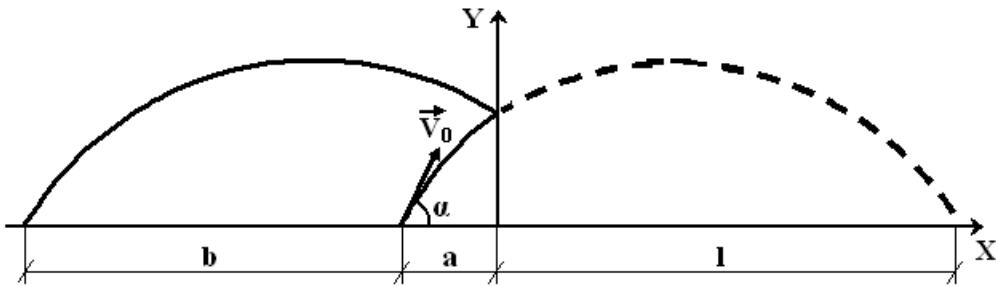


11 класс

Задача 1. Тело брошено с начальной скоростью \vec{V}_0 под углом α к горизонту. Найти расстояние b от места броска до места его падения после упругого столкновения с вертикальной стенкой. Расстояние от места броска до стенки равно a . Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение



Используя симметрию пространства и обратимость движения, находим

$$b = l - 2a, \quad (1)$$

где l – дальность полета тела при отсутствии стенки.

Дальность полета при броске тела под углом к горизонту равна

$$l = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t, \quad (2)$$

где t – время полета.

Время полета будет равно

$$t = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin \alpha}{g}, \quad (3)$$

где $g = 9,81 \left(\frac{м}{с^2} \right)$ – ускорение свободного падения.

Подставляя (3) в (2), получим

$$l = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{2 \cdot V_0 \cdot \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}. \quad (4)$$

Отсюда

$$b = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} - 2a. \quad (5)$$

Задача 2. В закрытом баллоне находится смесь из $m_1 = 0,5\text{г}$ водорода и $m_2 = 8,0\text{г}$ кислорода при давлении $p_1 = 2,35 \cdot 10^5 \text{Па}$. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление p_2 установится в баллоне после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсация пара отсутствует.

Решение

В реакцию $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ вступит весь водород и половина кислорода (т.к. по условию их количество одинаково, а с одной молекулой кислорода в реакцию вступают две молекулы водорода). $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{0,5}{2} = \frac{1}{4}$ моля, $\frac{m_2}{\mu_2} = \frac{8}{32} = \frac{1}{4}$ моля). Давление в смеси газов по закону Дальтона равно

$$p_1 = \frac{RT}{V} \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right), \quad (1)$$

где $\mu_1 = 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ – молярная масса водорода,

$\mu_2 = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ – молярная масса кислорода,

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ – универсальная газовая постоянная,

T – температура смеси,

V – объем баллона.

Давление смеси после реакции равно

$$p_2 = \frac{RT}{V} \left(\frac{m_1 + \frac{m_2}{2}}{\mu} + \frac{m_2}{2\mu_2} \right), \quad (2)$$

где $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ – молярная масса смеси.

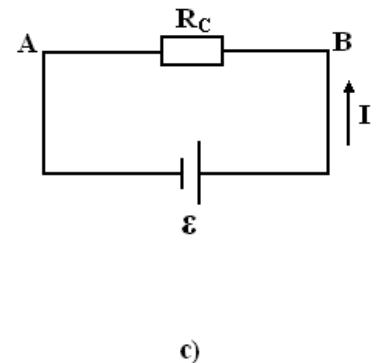
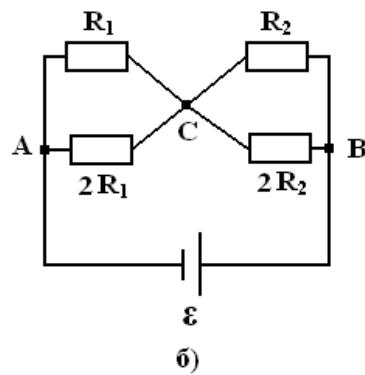
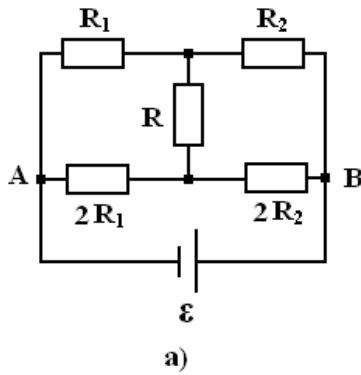
С учетом (1) получим

$$p_2 = \frac{\left(\frac{m_1 + \frac{m_2}{2}}{\mu} + \frac{m_2}{2\mu_2} \right) \cdot p_1}{\left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right)}. \quad (3)$$

Подставив числовые данные, получим $p_2 = 1,76 \cdot 10^5 \text{Па}$.

Задача 3. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, найти ток, протекающий через сопротивление R_2 . Значения R_1 , R_2 , ε заданы.

Решение



На схеме представлено мостовое соединение.

$$R_1 \cdot 2R_2 = 2R_1 R_2. \quad (1)$$

Следовательно, ток через сопротивление R не идет. Поэтому электрическую схему можно упростить, соединив в ней точки с равными потенциалами.

Общее сопротивление цепи равно

$$R_c = \frac{2}{3}(R_1 + R_2).$$

Ток в цепи равен

$$I = \frac{3}{2} \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2}.$$

Напряжение на участке BC равно

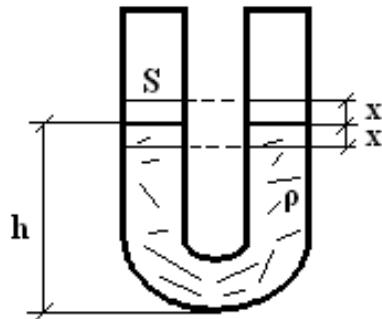
$$U_{BC} = I \cdot \frac{2}{3} R_2.$$

Ток через сопротивление R_2 равен

$$I_2 = \frac{U_{BC}}{R_2} = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2}.$$

Задача 4. Найти период колебаний жидкости массой m и плотностью ρ , помещенной в U-образную трубку. Высота жидкости в трубке h , площадь сечения трубы S .

Решение



Сила гидростатического давления равна

$$F = -pS = 2\rho g x S, \quad (1)$$

где P – давление, создаваемое столбом жидкости высотой x .

По второму закону Ньютона

$$\ddot{F} = m \ddot{x}. \quad (2)$$

Приравнивая (1) и (2), получим уравнение колебаний

$$\ddot{x} + \frac{2\rho g S}{m} x = 0. \quad (3)$$

Откуда квадрат циклической частоты равен

$$\omega^2 = \frac{2\rho g S}{m}. \quad (4)$$

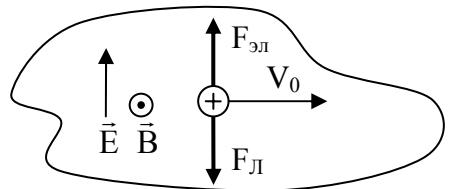
Период колебаний равен

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2\rho g S}}. \quad (5)$$

Задача 5. Заряженная частица влетает со скоростью V_0 в область пространства, где имеются электрическое и магнитное поля, и вылетает из нее без изменения скорости. Как соотносятся по величине и направлению в этом случае напряженность электрического поля \vec{E} и индукция магнитного поля \vec{B} ?

Решение

Пусть \vec{E} направлен вертикально вверх, а заряд положителен. Тогда электрическая сила $\vec{F}_{\text{эл}} = q\vec{E}$ направлена вверх.



Так как по условию скорость частицы не меняется $\vec{V} = \vec{V}_0 = \text{const}$, то $\vec{a} = 0$ и равнодействующая электрической и магнитной силы равна нулю.

$$\vec{F}_{\text{эл}} + \vec{F}_{\text{маг}} = m\vec{a} = 0.$$

$$F_{\text{эл}} - F_{\text{маг}} = 0$$

Если $\vec{F}_{\text{эл}}$ направлена вверх, то $\vec{F}_{\text{маг}}$ вниз. $F_{\text{эл}} = F_{\text{маг}}$.

Магнитная сила – это сила Лоренца $F_{\text{Л}} = qVB\sin\alpha$, и $\alpha = 90^\circ$, а ее направление определяется правилом левой руки. Вектор индукции \vec{B} направлен к нам перпендикулярно плоскости рисунка, а значит перпендикулярно \vec{E} и \vec{V} . Соотношение между модулями векторов \vec{E} и \vec{B} определяем из равенства $F_{\text{эл}} = F_{\text{маг}}$.

$$qE = qVB,$$

$$E = VB,$$

$$\frac{E}{B} = V_0.$$