

Ф1. На автомобиле, имеющем специальное устройство, определяют с помощью звукового сигнала расстояние до поста ГИБДД. Какое расстояние L было до поста в момент испускания звукового сигнала, если его приняли на автомобиле после отражения от будки ГИБДД через $t_0 = 12$ с? Скорость звука $v = 325$ м/с, скорость автомобиля $u = 90$ км/ч.

Решение.

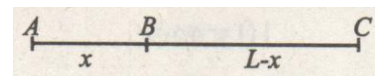
Обозначим через x расстояние, которое прошёл автомобиль.

Время движения автомобиля от А до В $t_0 = \frac{x}{u}$

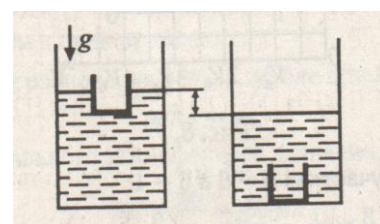
Время получения звукового сигнала в точке В: $t_0 = \frac{L}{v} + \frac{L-x}{v}$

Из решения этой системы следует: $L = \frac{t_0(u+v)}{2}$.

Поскольку 90 км/ч = 25 м/с, $L = \frac{12(25+325)}{2} = 2100$ м



Ф2. Пустой толстостенный стакан массой $m = 100$ г плавает в сосуде с водой сечением $S = 0.05$ м². После того как стакан утопили, уровень воды в сосуде понизился на $h = 1$ мм (см. рис.). Найдите плотность стекла $\rho_{ст}$, если плотность воды $\rho_B = 1000$ кг/м³.



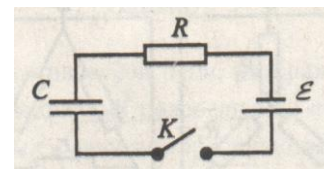
Решение

Из условия плавания стакана: $mg = \rho_B \cdot gSh$, $h_1 = \frac{m}{S\rho_B}$, $h_1 = 2$ мм.

Из условия следует, что стакан лежит на дне: $V_{см} = \frac{m}{\rho_{ст}} = S(h_1 - h)$, $\rho_{ст} = \frac{m}{S(h_1 - h)} = 2000$ кг/м³.

Ф3. Для зарядки конденсатора собрали электрическую цепь по схеме (см. рис.) и замкнули ключ. Энергия, запасённая конденсатором после окончания зарядки, оказалась равной 5 Дж.

Сколько энергии выделилось в цепи в виде тепла?



Решение

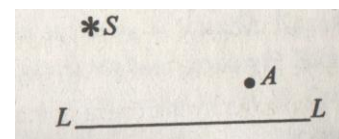
Энергия, запасенная в конденсаторе: $W = \frac{CU^2}{2}$, где U – напряжение на клеммах источника.

При зарядке конденсатора источник совершил работу: $A = qU$, где q – полный заряд, прошедший через источник. Но $q = CU$, следовательно, $A = 2W$.

По закону сохранения энергии работа, совершенная источником, идет на зарядку конденсатора и на нагревание резистора: $A = Q + W = 2W$.

Следовательно, $Q = W = 5$ Дж.

Ф4. На рисунке показано положение S лампы и точки A относительно поверхности LL стола. Построением покажите на столе точку, где надо положить маленькое плоское зеркало, чтобы зайчик попал в точку A .



Решение

Мысленно заменим поверхность стола зеркалом. Тогда, построив точки S' и A' , симметричные точкам S и A , и проведя прямую SA' или $S'A$, найдём искомую точку на поверхности стола.

Ф5 (ЕГЭ-С1). Груз массой $m = 1 \text{ кг}$ подвесили на невесомой пружине, и он мог совершать вертикальные гармонические колебания с некоторой частотой. Затем параллельно первой пружине присоединили вторую такую же и подвесили к ним другой груз. Частота колебаний новой системы оказалась вдвое меньше, чем прежней. Чему равна масса M второго груза?

Решение.

Колебания первого груза происходят с угловой частотой $\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, причем, эта частота не зависит

от действия на маятник силы тяжести, которая лишь смещает положение равновесия груза.

При параллельном соединении двух одинаковых пружин их общий коэффициент жесткости удваивается: $K = 2k$ (поскольку при растяжении пружин на прежнюю величину на груз действует вдвое большая возвращающая сила). Поэтому колебания второго груза будут

происходить с угловой частотой $\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{M}}$. По условию частота колебаний второй системы вдвое

меньше, чем первой $\left(\frac{\omega_1}{2} = \omega_2\right)$ откуда $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{K}{M}} = \sqrt{\frac{2k}{M}}$. Отсюда получаем: $M = 8m = 8 \text{ кг}$.

Ф6 (ЕГЭ-С2). В сосуде объемом V с жесткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н . Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж . Определите значение V , полагая газ идеальным.

Решение.

Пробка выскакивает, если сила давления газа в сосуде становится больше суммы сил атмосферного давления и максимальной силы трения покоя пробки о края отверстия:

$$P_1 S \geq F + P_0 S \Leftrightarrow P_1 \geq \frac{F + P_0 S}{S}.$$

По первому началу термодинамики переданное газу количество теплоты идет на изменение внутренней энергии и совершение работы против внешних сил. Объем сосуда не изменяется, следовательно, работа газа равна нулю. Тогда $Q = \Delta U + A = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$.

Идеальный газ подчиняется уравнению состояния Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT \Rightarrow$

$\Delta U = \frac{3}{2} V (P_1 - P_0) = \frac{3}{2} V \left(\frac{F + P_0 S}{S} - P_0 \right) = \frac{3VF}{2S}$. Отсюда находим $V = \frac{2QS}{3F}$ и, подставляя значения

физических величин, получаем $V = \frac{2 \cdot 15000 \text{ Дж} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{3 \cdot 100 \text{ Н}} = 0.02 \text{ м}^3$.

Ф7 (ЕГЭ-С4). Плоская рамка из провода сопротивлением 5 Ом находится в однородном магнитном поле. Проекция магнитной индукции поля на ось OX , перпендикулярную плоскости рамки, меняется от $B_{1x} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2x} = -1 \text{ Тл}$. За время изменения поля по рамке протекает заряд 1.6 Кл . Определите площадь рамки.

Решение.

Согласно закону Ома, сила тока в рамке $I = \frac{\varepsilon}{R}$, где ЭДС индукции $\varepsilon = -S \frac{\Delta B_x}{\Delta t}$.

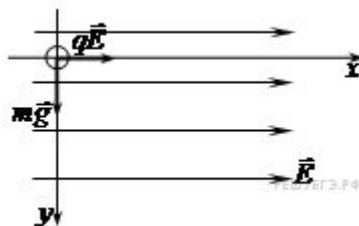
Здесь R – сопротивление рамки, S – ее площадь, Δt – время изменения поля.

Поскольку $I = \frac{q}{\Delta t}$, то $\frac{q}{\Delta t} = -\frac{S}{R} \cdot \frac{\Delta B_x}{\Delta t}$,

$$S = -\frac{qR}{\Delta B_x} = \frac{1.6 \cdot 5}{4} \text{ м}^2 = 2 \text{ м}^2$$

Ф8 (ЕГЭ-С3). Полый шарик массой $m = 0.3$ г. с зарядом $q = 6$ нКл движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Траектория шарика образует с вертикалью угол $\alpha = 45^\circ$. Чему равен модуль напряженности электрического поля?

Решение.



На тело действуют сила тяжести $\vec{F}_1 = m\vec{g}$ и сила со стороны электрического поля $\vec{F}_2 = q\vec{E}$.

В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, в соответствии со вторым законом Ньютона, вектор ускорения тела пропорционален вектору суммы сил, действующих на него:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

При движении из состояния покоя тело движется по прямой в направлении вектора ускорения, т.е. в направлении равнодействующей приложенных сил.

Прямая, вдоль которой направлен вектор ускорения, образует угол $\alpha = 45^\circ$ с вертикалью,

следовательно, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_x}{a_y} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{qE}{mg} = 1$.

Отсюда $E = \frac{mg}{q} = 0.5 \cdot 10^6 \text{ В/м} = 500 \text{ кВ/м}$.