

ФИЗИКА
Заочный тур
2018/2019 учебный год
11 класс

Задача 1

Два шарика одинакового радиуса $R = 1$ см, один из алюминия, а второй – деревянный, соединенные длинной нитью, медленно тонут в воде, двигаясь с постоянной скоростью. Найти силу сопротивления воды, действующую на каждый из шариков. Плотность алюминия – $\rho_1 = 2700$ кг/м³, дерева $\rho_2 = 500$ кг/м³, воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Считать, что ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Решение:

Из условия равенства сил, действующих на каждый шарик при равномерном движении, получаем:

$$F + F_A + T - mg = 0 \text{ для алюминиевого шарика}$$

$$F + F_A - T - mg = 0 \text{ для деревянного шарика}$$

Выполняя преобразования, находим:

$$F = \left(\frac{2}{3}\right) \pi R^3 (\rho_1 + \rho_2 - 2\rho_0) g = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

Задача 2

Пуля пробивает закрепленную доску при минимальной скорости v . С какой скоростью должна лететь пуля для того, чтобы пробить незакрепленную доску? Масса доски – M , масса пули – m , пуля попадает в центр доски.

Решение:

Критическое условие прохождения пули сквозь доску – выделение в доске тепловой энергии $Q = \frac{mv_0^2}{2}$.

При этом конечные скорости доски и пули в случае незакрепленной доски совпадают и равны u .

Тогда по закону сохранения импульса получаем: $mv = (M + m)u$.

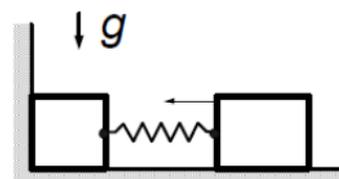
По закону сохранения энергии имеем:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{(M + m)u^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\text{Отсюда получаем: } v = v_0 \sqrt{1 + \frac{m}{M}}$$

Задача 3

Два одинаковых тела массой m каждое, соединенные пружиной жесткости k , лежат на горизонтальной плоскости. Левое тело касается вертикальной стены. Какую минимальную скорость, направленную к стене, надо сообщить правому телу, чтобы при обратном движении от стены оно сдвинуло левое тело? Коэффициент трения каждого тела о плоскость равен μ . Пружина в начальный момент не деформирована.



Решение:

Пусть x_1 – максимальное смещение правого тела влево, а x_2 – его последующее смещение вправо от своего начального положения.

Тогда из закона сохранения энергии получаем:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx_1^2}{2} + \mu mgx_1, \quad \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} + \mu mg(x_1 + x_2)$$

Левое тело сдвигается, если выполняется условие:

$$kx_2 = \mu mg.$$

Решая систему трех уравнений, получаем $x_1 = 3x_2$ и $v = \mu g \sqrt{\frac{15m}{k}}$

Задача 4

В блюдце налито $m = 30$ г воды, а сверху на воду поставлен перевернутый вверх дном разогретый цилиндрический стакан с тонкими стенками. До какой наименьшей температуры должен быть нагрет стакан, чтобы после остывания его до температуры окружающего воздуха $T_0 = 300$ К в него оказалась бы втянута вся вода? Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, площадь сечения стакана $S = 20$ см², высота стакана $H = 10$ см, плотность воды - $\rho = 1000$ кг/м³. Явлением испарения, поверхностным натяжением и расширением самого стакана пренебречь.

Решение:

Из уравнения состояния идеального газа получаем:

$$\frac{\rho_0 SH}{T_0} = \frac{\rho Sh}{T},$$

где h – расстояние от дна перевернутого стакана до уровня втянутой в него воды.

Условие равновесия втянутой в стакан воды:

$$\rho S + mg = \rho_0 S, \quad h = H - m/\rho_0 S.$$

Отсюда находим

$$T = \frac{T_0}{(1 - mg/\rho_0 S)(1 - m/\rho_0 HS)} \approx 350 \text{ K} \approx 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Задача 5

К конденсатору 1 емкостью C , заряженному до разности потенциалов U , подсоединяется батарея из конденсаторов такой же емкости как показано на рисунке. Найти заряд на каждом из конденсаторов.

Решение:

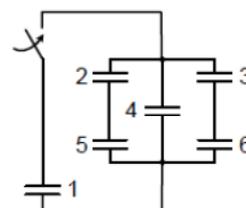
Емкость батареи конденсаторов, подключенных к конденсатору 1, равна $2C$.

Для напряжений на конденсаторах имеем

$$U_4 = U_1 = 2U_2 = 2U_3 = 2U_5 = U_6.$$

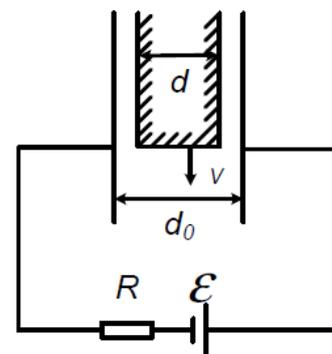
Окончательно получаем:

$$q_1 = q_4 = \frac{CU}{3}, \quad q_2 = q_3 = q_5 = q_6 = \frac{q_4}{2} = \frac{CU}{6}.$$



Задача 6

В плоский конденсатор с квадратными пластинами вдвигается с постоянной скоростью v металлическая пластина. Конденсатор включен последовательно с резистором, имеющим сопротивление R , и источником тока, ЭДС которого равна \mathcal{E} . Найти установившуюся мощность, выделяющуюся на резисторе. Расстояние между



пластинами конденсатора равно d_0 . Площадь вдвигаемой пластины равна площади пластин конденсатора, а ее толщина равна d .

Решение:

Заряд, протекший через резистор при вдвигании пластины, равен:

$$q = (C_1 - C_2)U = \left(\frac{\epsilon_0 l^2}{d_0 - d} - \frac{\epsilon_0 l^2}{d_0} \right) (\epsilon - IR) = \frac{\epsilon_0 l^2 d (\epsilon - IR)}{d_0 (d_0 - d)}.$$

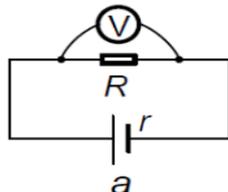
$$q = It = I\Delta v.$$

Отсюда находим силу тока I и получаем выражение для мощности, которая выделяется на резисторе в виде теплоты:

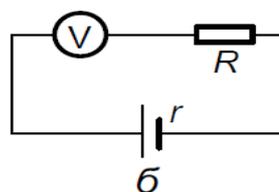
$$P = I^2 R = \epsilon^2 R / \left[R + \frac{d_0 (d_0 - d)}{\epsilon_0 l d v} \right]^2$$

Задача 7

В цепь, составленную из источника ЭДС с внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом и резистора сопротивлением $R = 100$ Ом, включается вольтметр, первый раз – параллельно резистору, а второй раз – последовательно с ним. Показания вольтметра оказались одинаковыми. Найти сопротивление вольтметра.



для



каждого случая
используя закон

Решение:

Показания вольтметра
легко рассчитать,
Ома для полной цепи:

$$U_1 = \frac{\epsilon}{r + \frac{Rrv}{R+rv}} \cdot \frac{Rrv}{R+rv}$$

$$U_2 = \frac{\epsilon rv}{R+r+rv}$$

Учитывая, что показания вольтметров равны по условию, находим:

$$r_v = \frac{R^2}{r} = 10^4 \text{ Ом.}$$

Задача 8

Кольцевой виток радиуса r , сделанный из проволоки с сопротивлением единицы длины равным ρ , находится в постоянном однородном магнитном поле, индукция которого B перпендикулярна плоскости витка. Виток превратили в восьмерку, составленную из двух равных колец, не выводя при этом виток из его плоскости. Какой заряд при этом пройдет по проволоке?

Решение:

По закону Фарадея имеем: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

По закону Ома находим силу тока в цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$.

Следовательно, искомый заряд равен:

$$q = I\Delta t = \frac{\Phi_0 - \Phi}{R} = B \frac{\pi r^2 - 2\pi r^2/4}{\rho \times 2\pi r}$$

Отсюда получаем: $q = \frac{Br}{4\rho}$.

