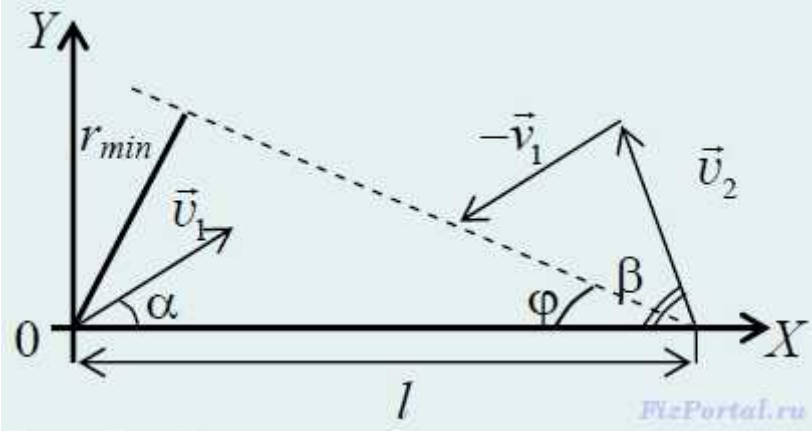
Всероссийская олимпиада школьников по физике
Муниципальный этап

11 класс

Решения к задачам

Решение к задаче 1. (8 баллов)

Свяжем неподвижную систему отсчета с первым катером. Тогда второй будет иметь скорость



$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 ,$$

направленную под углом **φ** и численно равную

$$v_{21} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos(\alpha + \beta)} .$$

Очевидно, что

$$r_{\min} = l \sin\varphi .$$

Найдем **sinφ** из

$$v_{21} \sin\varphi = v_2 \sin\beta - v_1 \sin\alpha .$$

Окончательно

$$r_{\min} = \frac{l(v_2 \sin\beta - v_1 \sin\alpha)}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos(\alpha + \beta)}} .$$

Решение к задаче 2. (6 баллов)

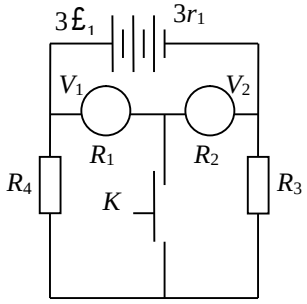
Для первого столкновения выполняются законы сохранения энергии и импульса:
$\mathbf{2mv^2 = 2mu^2 + mv_1^2;\ 2mv = 2mu + mv_1}$,
где **v** – скорость налетающего шарика, **u** – скорость того же шарика после столкновения, $\mathbf{v_1}$ – скорость второго шарика после столкновения. Решение системы уравнений дает: $\mathbf{v_1 = (4/3)v}$. Всего таких столкновений пять. Следовательно,
$\mathbf{v_к = (4/3)^5 = 42\ м/с}$.

Решение к задаче №3(8 баллов).

При разомкнутом ключе внешнее сопротивление цепи

$R = \dfrac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$.

Внутреннее сопротивление системы последовательно включенных блоков $r = nr_1$. ЭДС источника $\mathcal{E} = n\mathcal{E}_1$. Из закона Ома для полной цепи



$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{n\mathcal{E}_1}{\dfrac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} + nr_1} \approx 0{,}224 \text{ А}.$$

Учитывая, что $U_1 + U_2 = n(\mathcal{E}_1 - Ir_1)$; $\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{R_1}{R_2}$, находим:

$$U_1 = \frac{n(\mathcal{E}_1 - Ir_1)}{1 + \dfrac{R_2}{R_1}} \approx 280{,}6 \text{ В}; \; U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1} \approx 168{,}4 \text{ В}.$$

При замкнутом ключе внешнее сопротивление цепи $R = \dfrac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$, так как сопротивление R_1 включено параллельно R_4, а сопротивление R_2 – параллельно R_3. Значит,

$$I = \frac{n\mathcal{E}_1}{\dfrac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + nr_1} \approx 0{,}36 \text{ А}; \; U_1 = I \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} \approx 280 \text{ В};$$

$$U_2 = I \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \approx 168{,}6 \text{ В}.$$

Решение к задаче 4. (8 баллов)

Массы воздуха в верхней и нижней частях цилиндра одинаковы, кроме того, температура воздуха в верхней части постоянна и равна T_1, а в нижней части изменяется от T_1 до T_2. Поэтому $p_1 V_1 = p_1' V_1'$; $\dfrac{p_2 V_2}{T_1} = \dfrac{p_2' V_2'}{T_2}$, где p_1, V_1 и p_2, V_2 – начальные, а p_1', V_1' и p_2', V_2' – конечные давления и объемы воздуха в верхней и нижней частях сосуда соответственно.

По условию задачи $p_2 = 2p_1$, $V_1' = V_2^1 = V$. Так как поршень в начальном состоянии и конечном состояниях находится в состоянии равновесия, то $p_2 = p_1 + \dfrac{mg}{S}$, где m – масса поршня, S – площадь основания цилиндра. Следовательно,

$p_2' = p_1' + p_2 - p_1 = p_1' + 2p_1 - p_1 = p_1 + p_1'$.

Кроме того, $p_1V_1 = \frac{m_o}{M}RT_1$, $p_2V_2 = \frac{m_o}{M}RT_2$. Следовательно, $p_1V_1 = p_2V_2$. Принимая во внимание, что $p_2 = 2p_1$, получим $V_1 = 2V_2$.

Так как $V_1 + V_2 = 2V$, то конечные объемы воздуха в верхней и нижней частях $V = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{3}{4}V_1$.

Подставив значения давлений и объемов в исходные уравнения, получим

$$\begin{cases} p_1V_1 = p_1^{/}\frac{3}{4}V_1 \\ \frac{2p_1\frac{1}{2}V_1}{T_1} = \frac{(p_1 + p_1^{/})\frac{3}{4}V_1}{T_2} \end{cases}$$

Решим систему уравнений относительно T_2: $T_2 = \frac{7}{4}T_1 = 525$ К.

Решение к задаче 5. (10 баллов)

С помощью шприца наливаем в пустой стакан 8-10 мл воды при комнатной температуре, которую измеряют термометром ($t_в$). Зажав в ладони металлический шарик, прогреть его 3-5 минут. После этого опускаем шарик в малый сосуд с водой и измеряем температуру ($t_{см}$). Затем измеряем температуру ладони, зажав в ней термометр ($t_л$). Уравнение теплового баланса $C(t_л - t_{см}) = c_в m_в (t_{см} - tв)$, $C = \frac{c_в m_в (t_{см} - t_в)}{t_л - t_{см}}$

Максимальное количество баллов – 40