

**Физико-математическая Олимпиада РГРТУ
среди школьников и абитуриентов,
посвященная 110-летию со дня рождения
академика И.К. Кикоина**

**1 этап. 22 апреля 2018 года.
Физика.**

Задача 1.

Электричка тормозит с постоянным ускорением до полной остановки. Тормозной путь составил 50 м, а скорость на середине тормозного пути была 10 м/с. Сколько времени продолжалось торможение?

Дано:

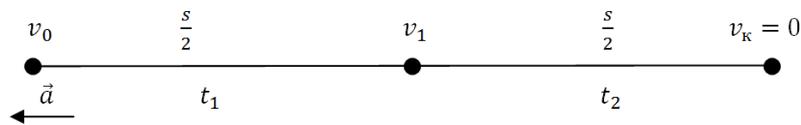
$$s = 50 \text{ м}$$

$$v_1$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$t = ?$

Решение:



$$t = t_1 + t_2$$

$$v_k = v_0 - at = 0 \rightarrow v_0 = at$$

$$v_1 = v_0 - at_1 = at - at_1 = at_2$$

$$\frac{s}{2} = v_1 t_2 - \frac{at_2^2}{2} = \frac{v_1^2}{a} - \frac{a}{2} \cdot \frac{v_1^2}{a^2} = \frac{v_1^2}{2a} \rightarrow a = \frac{v_1^2}{s} \rightarrow v_0 = \frac{v_1^2}{s} t$$

$$v_0 = at$$

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2} \rightarrow s = \frac{v_1^2}{s} t^2 - \frac{v_1^2}{2s} t^2 = \frac{v_1^2}{2s} t^2$$

$$t = \frac{\sqrt{2s}}{v_1} = 5\sqrt{2} \text{ с}$$

Ответ: $t = \frac{\sqrt{2s}}{v_1} = 5\sqrt{2} \text{ с}$

Задача 2.

Средняя молярная масса смеси идеальных газов равна $\mu = 50$ г/моль. Смесь нагрели на $\Delta T = 30$ К один раз при постоянном давлении, а другой - при постоянном объеме. Оказалось, что при постоянном давлении требуется подвести на 500 Дж больше тепла, чем при постоянном объеме. Найдите массу смеси.

Дано:

$$\mu = 50 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T = 30 \text{ К}$$

$$\Delta Q = 500 \text{ Дж}$$

 $h - ?$ **Решение:**

$$P = \text{const}$$

$$Q_1 = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T$$

$$V = \text{const}$$

$$Q_2 = \frac{m}{\mu} C_v \Delta T$$

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = \frac{m}{\mu} \Delta T (C_p - C_v) = \frac{m}{\mu} \Delta T R$$

$$m = \frac{\Delta Q \mu}{\Delta T R} = \frac{500 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 30} = 0,1 \text{ (кг)}$$

$$\text{Ответ: } m = \frac{\Delta Q \mu}{\Delta T R} = 0,1 \text{ (кг)}$$

Задача 3.

Тонкая линза создает изображение предмета с некоторым увеличением. Оказалось, что для получения изображения с двукратным увеличением предмет нужно передвинуть либо к линзе на 6 см, либо от линзы на 3 см. С каким увеличением изображался предмет вначале?

Дано:

$$\Gamma_1 = \Gamma_2 = 2$$

$$d_1 = d + 3$$

$$d_2 = d - 6$$

$\Gamma_0 = ?$

Решение:

$$\Gamma_0 = \frac{h'}{h} = \frac{f}{d}$$

$$1. \Gamma_1 = 2 = \frac{f_1}{d_1} = \frac{f_1}{d + 3}$$

$$\frac{1}{d + 3} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d + 3} = \frac{d + 3 - F}{F(d + 3)} \rightarrow f_1 = \frac{F(d + 3)}{d + 3 - F}$$

$$2 = \frac{F}{d + 3 - F} \rightarrow 2d + 6 = 3F \quad (1)$$

2. Аналогично:

$$\Gamma_2 = 2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{f_2}{d - 6}$$

$$\frac{1}{d - 6} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d - 6} - \frac{1}{F} = \frac{F - d + 6}{F(d - 6)} \rightarrow f_2 = \frac{F(d - 6)}{F - d + 6}$$

$$2 = \frac{F}{F - d + 6} \rightarrow 2d - 12 = F \quad (2)$$

Из (1) и (2):

$$F = 9 \text{ см}, \quad d = 10,5 \text{ см}$$

$$\Gamma_0 = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F} = \frac{9}{10,5 - 9} = 6$$

Ответ: $\Gamma_0 = 6$

Задача 4.

Тепловая машина работает по циклу, состоящему из адиабаты 1–2, изобары 2–3 и изохоры 3–1. Найти КПД этого цикла, если объем на изобаре изменяется в 8 раз. Рабочее вещество - идеальный одноатомный газ.

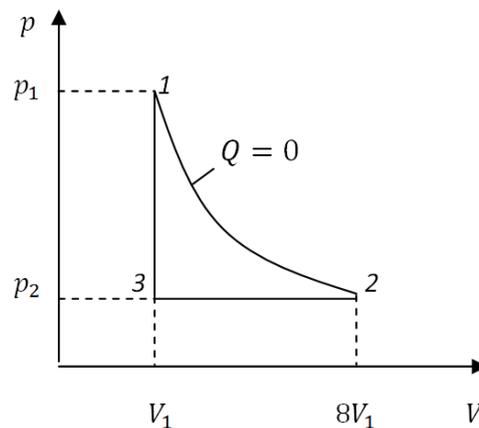
Указание. В адиабатическом процессе температура T и объем газа V связаны уравнением $T^3V^2 = \text{const}$.

Дано:

$$T^3V^2 = \text{const}$$

η —?

Решение:



$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$$

$$Q_H = \nu C_V \Delta T_{31}, \quad C_V = \frac{3}{2}R$$

$$Q_x = \nu C_p \Delta T_{23}, \quad C_p = \frac{5}{2}R$$

$$T_1^3 V_1^2 = T_2^3 V_2^2 \rightarrow \frac{T_1^3}{T_2^3} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = 64 \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 4$$

$$2-3: \quad \begin{aligned} p_2 V_1 &= \nu R T_3 \\ p_2 8V_1 &= \nu R T_2 \end{aligned} \rightarrow \frac{T_2}{T_3} = 8$$

$$T_1, T_2 = \frac{T_1}{4}, T_3 = \frac{T_1}{32}$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - T_3 = T_1 - \frac{T_1}{32} = \frac{31}{32}T_1$$

$$\Delta T_{23} = T_2 - T_3 = \frac{T_1}{4} - \frac{T_1}{32} = \frac{7}{32}T_1$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{\nu C_p \Delta T_{23}}{\nu C_V \Delta T_{31}} = 1 - \frac{5 \cdot 7}{3 \cdot 31} = 1 - \frac{35}{93} = \frac{58}{93} \\ &= 0,62 = 62\% \end{aligned}$$

Ответ: $\eta = 62\%$

Задача 5.

Определить сопротивление цепи.

