

## Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 10-02

1. Скорость шарика относительно бруска до и после удара  $V - u$ . После удара скорость шарика  $2u - V$ .

$$\frac{1}{2}m(2u - V)^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2}mV^2. \quad 2u - V = \frac{1}{2}V. \quad \frac{V}{u} = \frac{4}{3}.$$

2. 1) Пусть брусок остановился первый раз по другую сторону от т.  $O$  на расстоянии  $A_1$  от нее. Из ЗСЭ можно показать, что  $A_0 - A_1 = 2\mu x_0 \cos \alpha = 8$  см. Отсюда  $A_1 = A_0 - 2\mu x_0 \cos \alpha = 27$  см.

2) Идут колебания с уменьшающейся амплитудой (расстояние до т.  $O$ ). Из ЗСЭ можно показать, что при движении как вверх, так и вниз амплитуда уменьшается каждый раз на  $\Delta = 2\mu x_0 \cos \alpha = 8$  см. Зона покоя  $x < \mu x_0 \cos \alpha = 4$  см, где  $x$  – расстояние от т.  $O$ . Если остановка в зоне покоя, то остановка навсегда. У нас  $A_0 = 35, A_1 = 27, A_2 = 19, A_3 = 11, A_4 = 3$ . Совершено 4 полуколебания, остановка на 3 см ниже т.  $O$ .

3. Процесс 2-3 изохорический.

1)  $A = A_{12} = 2\nu RT_1 \approx 3,74$  кДж.

2)  $\frac{Q_{12}}{|Q_{23}|} = \frac{\nu C_p (T_2 - T_1)}{-\nu C_v (T_3 - T_2)} = \frac{10}{3}$ .

4. Пар в начальном и конечном состояниях насыщенный, его давление  $P_0$ .

1) Для воздуха  $(P_0 + P)V_0 = (P_0 - P)(2V_0 - V)$ .  $V = \frac{1}{2}V_0 = 0,5$  л.

2) Пусть  $m$  – масса пара вначале.  $P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} RT$ ,  $P_0 V = \frac{m - (m_2 - m_1)}{\mu} RT$ .

$$m_2 = m_1 + \frac{P_0(V_0 - V)\mu}{RT} = m_1 + \frac{P_0 V_0 \mu}{2RT} \approx 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ (г)}.$$

5. Пусть процесс 1-2 – изотермическое расширение, а процесс 3-4 – изотермическое сжатие.

1)  $T_2 = T_1 + \frac{2Q_1}{3\nu R} \approx 380$  К.

2)  $A = A_{12} = Q_2 = 500$  Дж.

3) Можно показать, что для работ газа на изотермах  $\frac{A_{12}}{-A_{34}} = \frac{T_2}{T_1}$ .

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{34}}{Q_1 + Q_2} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2} \approx 0,07.$$

## Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 10-03

1. Скорость шарика относительно бруска до и после удара  $V + u$ . После удара скорость шарика  $2u + V$ .

$$\frac{1}{2}m(2u + V)^2 = 1,21 \cdot \frac{1}{2}mV^2. \quad 2u + V = 1,1V. \quad \frac{V}{u} = 20.$$

2. 1) Пусть брусок остановился первый раз по другую сторону от т.  $O$  на расстоянии  $A_1$  от нее. Из ЗСЭ можно показать, что  $A_0 - A_1 = 2\mu x_0 \cos \alpha = 12$  см. Отсюда  $A_1 = A_0 - 2\mu x_0 \cos \alpha = 29$  см.

2) Идут колебания с уменьшающейся амплитудой (расстояние до т.  $O$ ). Из ЗСЭ можно показать, что при движении как вверх, так и вниз амплитуда уменьшается каждый раз на  $\Delta = 2\mu x_0 \cos \alpha = 12$  см. Зона покоя  $x < \mu x_0 \cos \alpha = 6$  см, где  $x$  – расстояние от т.  $O$ . Если остановка в зоне покоя, то остановка навсегда. У нас  $A_0 = 41, A_1 = 29, A_2 = 17, A_3 = 5$ . Совершено 3 полуколебания, остановка на 5 см ниже т.  $O$ .

3. Процесс 2-3 изохорический.

1)  $A = A_{12} = 3\nu RT_1 \approx 1,5$  кДж.

2)  $\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\nu C_P (T_2 - T_1)}{\nu C_V (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}$ .

4. Пар в начальном и конечном состояниях насыщенный, его давление  $P_0$ .

1) Для воздуха  $(P_0 - P)2V_0 = (P_0 + P)(3V_0 - V)$ .  $V = \frac{5}{3}V_0 = \frac{10}{9}$  л.

2) Пусть  $m$  – масса пара вначале.  $P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} RT$ ,  $P_0 V = \frac{m - (m_2 - m_1)}{\mu} RT$ .

$$m_2 = m_1 + \frac{P_0(V_0 - V)\mu}{RT} = m_1 - \frac{2P_0 V_0 \mu}{3RT} \approx 0,75 - 0,26 = 0,49 \text{ (г)}.$$

5. Пусть процесс 1-2 – изотермическое расширение, а процесс 3-4 – изотермическое сжатие.

1)  $T_2 = T_1 - \frac{2Q_1}{3\nu R} \approx 300$  К.

2)  $A = -A_{34} = Q_2 = 600$  Дж.

3) Можно показать, что для работ газа на изотермах  $\frac{A_{12}}{-A_{34}} = \frac{T_1}{T_2}$ .

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{34}}{Q_1 + Q_2 + A_{12} + A_{34}} = \frac{Q_2(T_1/T_2 - 1)}{Q_1 + Q_2 T_1/T_2} \approx 0,07.$$

## Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 10-04

1. Скорость шарика относительно бруска до и после удара  $V - u$ . После удара скорость шарика  $V - 2u$ .

$$\frac{1}{2}m(V - 2u)^2 = \frac{1}{81} \cdot \frac{1}{2}mV^2. \quad V - 2u = \frac{1}{9}V. \quad \frac{V}{u} = \frac{9}{4}.$$

2. 1)  $a = \frac{2 - \sin \alpha}{3}g = \frac{g}{2}.$

2)  $T = mg.$

3) На клин со стороны стола действует сила нормального давления  $N = \frac{17}{4}mg = 4,25mg.$

3. Горизонтальная составляющая силы Архимеда  $F_A = \rho V \omega^2 L$ , где  $\omega = 2\pi n$ . По второму закону Ньютона  $F + F_A = m\omega^2 L$ . Окончательно  $F = (m - \rho V)(2\pi n)^2 L \approx 0,4$  кН.

4. Пусть  $P_1 = P$ . Тогда  $P_2 = P_3 = 2P$ .  $A_{12} = \frac{3}{2}PV_0$ .  $A_{23} = 2PV_0$ .  $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{3}{4}.$

5.  $Q_{12} = \nu C_p (T_2 - T_1) = \nu \frac{5}{2} RT_1$ .  $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$ .  $Q_{12} - Q = A$ .

1)  $A = \frac{5}{2} \nu R \eta T_1$ .

2)  $Q = \frac{5}{2} \nu R (1 - \eta) T_1$ .

Замечание: ответы  $A = (1 - \ln 2) \nu R T_1$ ,  $Q = (1,5 + \ln 2) \nu R T_1$  тоже правильные.

## Олимпиада Физтех-2017. Физика. Решения. Б. 10-05

1. Скорость шарика относительно бруска до и после удара  $V + u$ . После удара скорость шарика  $2u + V$ .

$$\frac{1}{2}m(2u + V)^2 = \frac{100}{81} \cdot \frac{1}{2}mV^2. \quad 2u + V = \frac{10}{9}V. \quad \frac{V}{u} = 18.$$

2. 1)  $a = \frac{3 \sin \alpha - 1}{4} g = \frac{7}{20} g = 0,35g$ .

2)  $T = \frac{27}{20} mg = 1,35mg$ .

3) На клин со стороны стола действует сила трения  $F_{TP} = 3ma \cos \alpha = 0,63mg$ .

3. Горизонтальная составляющая силы Архимеда  $F_A = \rho V \omega^2 L$ , где  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . По второму закону Ньютона

$$F + F_A = m\omega^2 L. \quad \text{Окончательно } T = 2\pi \sqrt{\frac{(m - \rho V)L}{F}} \approx 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 0,84 \text{ мс}.$$

4. Пусть  $P_1 = P$ . Тогда  $P_2 = P_3 = 3P$ .  $A_{12} = 4PV_0$ .  $A_{23} = 6PV_0$ .  $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2}{3}$ .

5.  $Q_{12} = \nu C_p (T_2 - T_1) = \frac{5}{4} \nu R T_1$ .  $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$ .  $Q_{12} - Q = A$ .

1)  $A = \frac{\eta}{1 - \eta} Q$ .

2)  $T_1 = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{1 - \eta} \cdot \frac{Q}{\nu R}$ .

Замечание: ответы  $A = \frac{2 - 4 \ln 1,5}{3 + 4 \ln 1,5} Q$ ,  $T_1 = \frac{4Q}{(3 + 4 \ln 1,5) \nu R}$  тоже правильные.