

Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-01

1. 1) $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{3m}}.$

2) По второму закону Ньютона $F - m(m_1 + m_2)g - mm_1g - T = m_2a_2$, $T - mm_1g = m_1a_2$. Отсюда

$$a_2 = \frac{F - m(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 5mmg}{3m}}.$$

2. Пусть m_0 - масса пустой бутылки, m - масса налитой воды, V - вместимость бутылки.

1) $m_0g = \rho g H_1 S$. $\boxed{m_0 = \rho H_1 S = 750}$ г.

2) $mg = \rho g H_2 S$. $\boxed{m_0 = \rho H_2 S = 250}$ г.

3) $\rho \left(V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) g = (m_0 + m)g$. $V = \frac{m_0 + m}{\rho} - \frac{m_0}{\rho_0} = S \left(\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} H_1 + H_2 \right) = 750$ см³.

3. 1) Пусть m_c - масса спутника, a_1 - ускорение в момент t_1 . Вес спутника до старта $P_0 = m_c g$. Вес к моменту t_1 , когда ускорение a_1 , $P_1 = m_c (a_1 + g)$. По условию $P_1 = k_1 P_0$. Отсюда $\boxed{a_1 = (k_1 - 1)g = 5}$ м/с².

2) Пусть m_0 - начальная масса ракеты. Тогда $m = m_0 - \dot{m}t$ - масса в момент t . Здесь $\dot{m} = -\frac{\Delta m}{\Delta t}$ - массовый расход топлива. За малое время Δt $-mg\Delta t = m\Delta V - u(-\Delta m)$. Отсюда $-mg = m\frac{\Delta V}{\Delta t} + u\frac{\Delta m}{\Delta t}$. Здесь $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$ - ускорение. Имеем $(m_0 - \dot{m}t)(g + a) = \dot{m}u$. Если к моменту времени t , когда ускорение a , вес увеличился в k раз, то $km_c g = (a + g)m_c$. Из последних двух уравнений $(m_0 - \dot{m}t)kg = \dot{m}u$. Для моментов t_1 и t_2 имеем $(m_0 - \dot{m}t_1)k_1g = \dot{m}u$, $(m_0 - \dot{m}t_2)k_2g = \dot{m}u$. Отсюда $\boxed{u = \frac{k_1 k_2 g (t_2 - t_1)}{k_2 - k_1} = 1800}$ м/с.

4. 1) $\boxed{j_1 = 1(100\%)}$.

2) Пусть вначале m - масса пара, V - объем влажного воздуха. Пусть P_H - давление насыщенного пара, T - температура, m - молярная масса воды. Предположим, что вся вода испарилась. Тогда

$$P_H V = \frac{m}{M} RT, \quad j_2 P_H 3V = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT. \text{ Отсюда } j_2 = \frac{1}{2}, \text{ то есть пар ненасыщенный. Предположение}$$

правильное. Итак, $\boxed{j_2 = \frac{1}{2}(50\%)}$.

5. 1) ЗСЭ в процессе 2-3: $0 = n C_V (T_3 - T_2) + A_{23}$. $A_{31} = P_1 (V_3 - V_1) = n R (T_3 - T_1)$. $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = 8$. $\frac{A_{23}}{A_{31}} = \frac{36}{7}$. Из

записанных уравнений $\boxed{\frac{T_2}{T_3} = 4}$.

2) $\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{n C_P (T_3 - T_1)}{n C_V (T_2 - T_1)} = \boxed{\frac{58}{93}}.$

Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-02

1. 1) $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{4m}}.$

2) По второму закону Ньютона $F - m(m_1 + m_2)g - T = m_2 a_2$, $T - m m_1 g = m_1 a_2$. Отсюда

$$a_2 = \frac{F - m(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 6mmg}{4m}}.$$

2. Пусть m_0 - масса пустой бутылки, m - масса налитой воды.

1) $m_0 g = r g H_1 S$. $\boxed{m_0 = r H_1 S = 500}$ г.

2) $r \left(V + \frac{m_0}{r_0} \right) g = (m_0 + m) g$. $\boxed{m = r \left(V + \frac{m_0}{r_0} \right) - m_0 = r \left(V - H_1 S \frac{r_0 - r}{r_0} \right) = 500}$ г.

3) $mg = r g H_2 S$. $\boxed{H_2 = \frac{m}{r S} = \frac{V}{S} - H_1 \frac{r_0 - r}{r_0} = 2}$ см.

3. 1) Пусть m_c - масса прибора, a_2 - ускорение в момент t_2 . Вес прибора до старта $P_0 = m_c g$. Вес к моменту t_2 , когда ускорение a_2 , $P_2 = m_c (a_2 + g)$. По условию $P_2 = k_2 P_0$. Отсюда $\boxed{a_2 = (k_2 - 1)g = 4}$ м/с².

2) Пусть m_0 - начальная масса ракеты. Тогда $m = m_0 - \Delta m$ - масса в момент t . Здесь $\dot{m} = -\frac{\Delta m}{\Delta t}$ - массовый расход топлива. За малое время Δt $-mg\Delta t = m\Delta V - u(-\Delta m)$. Отсюда $-mg = m \frac{\Delta V}{\Delta t} + u \frac{\Delta m}{\Delta t}$.
Здесь $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$ - ускорение. Имеем $(m_0 - \Delta m)(g + a) = m u$. Если к моменту времени t , когда ускорение a , вес увеличился в k раз, то $k m_c g = (a + g) m_c$. Из последних двух уравнений $(m_0 - \Delta m) k g = m u$. Для моментов t_1 и t_2 имеем $(m_0 - \Delta m_1) k_1 g = m u$, $(m_0 - \Delta m_2) k_2 g = m u$. Отсюда $\boxed{u = \frac{k_1 k_2 g (t_2 - t_1)}{k_2 - k_1} = 1680}$ м/с.

4. 1) $\boxed{j_1 = 1(100\%)}$.

2) Пусть вначале m - масса пара, V - объем влажного воздуха. Пусть P_H - давление насыщенного пара, T - температура, m - молярная масса воды. Предположим, что вся вода испарилась. Тогда $P_H V = \frac{m}{m} RT$, $j_2 P_H 7V = \frac{7m}{4m} RT$. Отсюда $j_2 = \frac{1}{4}$, то есть пар ненасыщенный. Предположение правильное. Итак, $\boxed{j_2 = \frac{1}{4}(25\%)}$.

5. 1) ЗСЭ в процессе 2-3: $0 = n C_V (T_3 - T_2) + A_{23}$. $-Q_{31} = n C_P R (T_1 - T_3)$. $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = 8$. $\frac{A_{23}}{Q_{31}} = \frac{72}{35}$. Из

записанных уравнений $\boxed{\frac{T_2}{T_3} = 4}$.

2) $\frac{Q_{12}}{Q_{31}} = \frac{n C_V (T_2 - T_1)}{n C_P (T_3 - T_1)} = \boxed{\frac{93}{35}}$.

Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-03

1. 1) $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{3m}}.$

2) По второму закону Ньютона $T - m(m_1 + m_2)g - mm_1g = m_2a_2$, $F - mm_1g - T = m_1a_2$. Отсюда

$$a_2 = \frac{F - m(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 7mmg}{3m}}.$$

2. Пусть r_0 - плотность стекла колбы.

1) $m_0g = r g H_1 S$. $\boxed{H_1 = \frac{m_0}{r S} = 3}$ см.

2) $mg = r g H_2 S$. $\boxed{H_2 = \frac{m}{r S} = 1}$ см.

3) $r \left(V + \frac{m_0}{r_0} \right) g = (m_0 + m) g$. $\boxed{r_0 = \frac{r m_0}{m_0 + m - r V} = 3,75}$ г/см³.

3. 1) $S = w R_2 t$. $t = \frac{S}{w R_2} = 0,2$ мс.

2) $V = \frac{R_2 - R_1}{t} = \frac{(R_2 - R_1) w R_2}{S} = 500$ м/с.

3) $\frac{1}{2} m_0 V^2 = \frac{3}{2} k T$. $T = \frac{1}{3} \frac{m_0}{k} V^2 = \frac{1}{3} \frac{m}{R} V^2 = \frac{1}{3} \frac{m}{R} \left(\frac{(R_2 - R_1) w R_2}{S} \right)^2 = 1000$ К. Здесь $m = 100$ г/моль.

4. Пусть P_H - давление насыщенного пара. $m_1 = \frac{m}{RT} j_1 P_H V_1$, $m_2 = \frac{m}{RT} j_2 P_H V_2$, $m_1 + m_2 = \frac{m}{RT} j P_H (V_1 + V_2)$.

$\boxed{j = \frac{j_1 V_1 + j_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,6, j = 60\%}.$

5. 1) ЗСЭ в процессе 3-1: $0 = n C_V (T_1 - T_3) + (-A_{31})$. $A_{12} = P_1 (V_2 - V_1) = n R (T_2 - T_1)$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 8$. $\frac{A_{12}}{A_{31}} = \frac{56}{9}$.

Из записанных уравнений $\boxed{\frac{T_1}{T_3} = 4}.$

2) $T_1 = 4T_3$, $T_2 = 8T_1 = 32T_3$. $h = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23}}{Q_{12}} = 1 + \frac{n C_V (T_3 - T_2)}{n C_P (T_2 - T_1)} = \boxed{\frac{47}{140}}.$

Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-04

1. 1) $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{4m}}.$

2) По второму закону Ньютона $T - m(m_1 + m_2)g - mm_1g = m_2a_2$, $F - mm_1g - T = m_1a_2$. Отсюда

$$a_2 = \frac{F - m(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 10mmg}{4m}}.$$

2. Пусть V - вместимость колбы.

1) $m_0g = r gH_1S$. $\boxed{H_1 = \frac{m_0}{rS} = 2}$ см.

2) $mg = r gH_2S$. $\boxed{H_2 = \frac{m}{rS} = 2}$ см.

3) $r \left(V + \frac{m_0}{r_0} \right) g = (m_0 + m)g$. $\boxed{V = \frac{m_0 + m}{r} - \frac{m_0}{r_0} = 800}$ см³.

3. 1) $\frac{1}{2}m_0V^2 = \frac{3}{2}kT$. $V = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \boxed{\sqrt{\frac{3RT}{m}} = 500}$ м/с. Здесь $m = 100$ г/моль.

2) $t = \frac{R_2 - R_1}{V} = \frac{R_2 - R_1}{\sqrt{3RT/m}} = 0,4$ мс.

3) $S = wR_2t$. $w = \frac{S}{R_2t} = \frac{S\sqrt{3RT/m}}{(R_2 - R_1)R_2} = 700$ с⁻¹.

4. Пусть P_H - давление насыщенного пара. $m_1 = \frac{m}{RT} j_1 P_H V_1$, $m_2 = \frac{m}{RT} j_2 P_H V_2$, $m_1 + m_2 = \frac{m}{RT} j P_H (V_1 + V_2)$.

$$\boxed{j = \frac{j_1 V_1 + j_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{29}{60} \approx 0,48, \quad j \approx 48\% .}$$

5. 1) ЗСЭ в процессе 3-1: $0 = nC_V(T_1 - T_3) + (-A_{31})$. $Q_{12} = nC_P(T_2 - T_1) = n\frac{5}{2}R(T_2 - T_1)$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 8$.

$\frac{A_{31}}{Q_{12}} = \frac{9}{140}$. Из записанных уравнений $\boxed{\frac{T_1}{T_3} = 4}$.

2) $T_1 = 4T_3$, $T_2 = 8T_3 = 32T_1$. $x = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{nC_P(T_2 - T_1)}{-nC_V(T_3 - T_2)} = \boxed{\frac{140}{93}}.$