

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-01

1. 1) $a = \frac{g}{10}$. 2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(4m+5m)a}{4ma}$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{9}{4}$.

2. $V_2 = \frac{3}{2}V_1$, $V_3 = \frac{9}{4}V_1$. $P_2 = \frac{3}{2}P_1$.

1) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$, $T_3 = \frac{27}{8}T_1$.

2) $A_{12} = \frac{1}{2}\nu RT_1$, $A_{23} = \frac{15}{16}\nu RT_1$. $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{23}{16}\nu RT_1$.

3) $Q = \nu \frac{3}{2}R(T_3 - T_1) + A_{123} = 5\nu RT_1$.

3. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = 0,03$, $\frac{\Delta P}{P} = -0,02$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,01T = 2,7$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx 68$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_V\Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V} - 3СЭ$. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + 3R = \frac{9}{2}R \approx 37$ Дж/(моль·К).

4. $P_0 = \rho g H_0$, $H_0 = 75,2$ см.

1) Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho L S a_0$. $a_0 = 0,8g$.

$L = \frac{H_0 + H}{0,8} = 95$ см.

2) Для столбика длиной $L - L_1$ по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho(L - L_1)S a$.

$a = \frac{H_0 + H}{L - L_1} g = g$.

5. 1) $T_A = mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{7 - \pi}{7} mg$.

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha$.

Отсюда $T_B = T_A + \frac{2}{21} mg$. $T_B = \frac{23 - 3\pi}{21} mg$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-02

1. 1) $a = \frac{g}{12}$. 2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(6m+5m)a}{6ma}$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{11}{6}$.

2. $V_2 = 2V_1$, $V_3 = V_1$. $P_2 = P_1$, $P_3 = \frac{1}{2}P_1$.

1) $T_2 = 2T_1$, $T_3 = \frac{1}{2}T_1$.

2) $A_{12} = \nu RT_1$, $A_{23} = -\frac{3}{4}\nu RT_1$. $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{1}{4}\nu RT_1$.

3) $Q = \nu \frac{3}{2}R(T_3 - T_1) + A_{123} = -\frac{1}{2}\nu RT_1$.

3. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = 0,02$, $\frac{\Delta P}{P} = 0,02$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,04T \approx 11$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx 45$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_V\Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V}$ - 3СЭ. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = 2R \approx 17$ Дж/(моль·К).

4. $P_0 = \rho g H_0$.

1) Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho L S a_0$. $a_0 = 0,6g$.

$H_0 = 0,6L - H = 436$ мм. $P_0 = 436$ мм рт. ст.

2) Для столбика длиной $L - L_1$ по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho(L - L_1)S a$.

$a = \frac{H_0 + H}{L - L_1} g = \frac{0,6L}{L - L_1} g$. $\frac{a}{a_0} = \frac{L}{L - L_1} = \frac{147}{23}$.

5. 1) $T_A = \frac{1}{2}mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{8 - \pi}{16}mg$.

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha$.

Отсюда $T_B = T_A + \frac{3}{32}mg$. $T_B = \frac{19 - 2\pi}{32}mg$.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-1, 10-2

Задача 1. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
 Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
 Ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 4 очка
- 3) Ответ на третий вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Найдена связь между приращениями для P , V и T 3 очка
 Ответ на первый вопрос 2 очка
 - 2) Ответ на второй вопрос 2 очка
 - 3) Ответ на третий вопрос (число или через R) 3 очка
- За отсутствие численных ответов на 1-й и 2-й вопросы
снимать по одному очку.

Задача 4. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
 Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
 Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
 Ответ на второй вопрос 3 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-03

1. 1) $T = (2m + m)g \sin \alpha = mg$.

2) $a = \frac{(3m + 2m + m)g \sin \alpha - 3mg \sin \alpha}{3m} = \frac{g}{3}$, вверх вдоль наклонной поверхности.

2. 1) $2T \cos \alpha - T \cos \beta - mg = 0$. $T = mg$.

2) $2T \sin \alpha + T \sin \beta = m\omega^2 R$. $\omega = \sqrt{\frac{2g}{R}}$.

3. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{23}}{-A_{31}} = \beta$, $x = \frac{A_{12}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{2}{3}\beta$. 2) $\eta = 1 - \frac{3}{5\beta}$.

4. 1) При движении с ускорением a_0 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g \cdot 2H$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g 2HS = \rho L S a_0$. $a_0 = g/10$. Отсюда $H = L/20$.

2) При движении с ускорением a_1 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g(2H + l)$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g(2H + l)S = \rho L S a_1$. $a_1 = g/8$, $H = L/20$. Отсюда находим, что выльется слой длиной $l = L/40$.

5. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} (T_1^2 - T_0^2) = \nu \frac{3}{2} R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$, то $T_1 = 2T_0$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2}R$. Имеем $R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2}R$. Отсюда

$T_2 = \frac{3}{2}T_0$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-04

1. 1) $T = (2m + m)g \sin \alpha = \frac{1}{2}mg$.

2) $a = \frac{mg \sin \alpha + 2mg \sin \alpha}{2m} = \frac{3g \sin \alpha}{2} = \frac{g}{4}$, вниз вдоль наклонной поверхности.

2. 1) $T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \alpha - mg = 0$. $T_2 = \frac{17}{60}mg$.

2) $T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \alpha = m\omega^2 R$. $\omega = 2\sqrt{\frac{g}{5R}}$.

3. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A}{A_{23}}$, $x_2 = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x_1 = \frac{5}{3}\eta$. 2) $x_2 = \frac{3}{5(1-\eta)}$.

4. 1) При движении с ускорением a_0 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g \cdot 2H$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g 2HS = \rho L S a_0$. $a_0 = g/8$. Отсюда $H = L/16$.

2) При движении с ускорением a_1 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g(2H + l)$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g(2H + l)S = \rho L S a_1$. $a_1 = g/6$, $H = L/16$. Отсюда находим, что выльется слой длиной $l = L/24$.

5. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu \alpha R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu \alpha R \frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\frac{1}{2} \nu \alpha R \frac{1}{T_0} (T_1^2 - T_0^2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$ и $T_1 = \frac{5}{4} T_0$, то $\alpha = \frac{4}{3}$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2} R$. Имеем $\frac{4}{3} R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2} R$.

Отсюда $T_2 = \frac{9}{8} T_0$.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-03, 10-04

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание, что сила упругости не успеваает изм-ся 2 очка
- Найдена сила упругости 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка
- Не указано направление (рис., слова) – снимать одно очко.

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 6 очков

Задача 3. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
- Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Правильный ЗСЭ в приращениях 2 очка
- Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Записано условие, что $C=C_V$ 1 очко
- Есть обоснование этого 1 очко
- Ответ на второй вопрос 2 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-05

1. 1) $V_0 \sin \alpha = gt_0$. $V_0 = \frac{gt_0}{\sin \alpha} = 16$ м/с.

2) $H = \frac{1}{2} gt_0^2 = 3,2$ м.

3) $L = V_0 \cos \alpha \cdot t_0 = \frac{gt_0^2}{\operatorname{tg} \alpha} = 6,4\sqrt{3}$ м. $L \approx 11$ м.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{12}}{-A_{31}} = \alpha$, $x = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{3}{2} \alpha$. 2) $\eta = 1 - \frac{2}{5\alpha}$.

3. 1) $P_1 = P_0 + \rho gH$.

2) Для столбика длиной $3R$ по второму закону Ньютона $P_2S - P_1S = \rho 3RSa_c$. $a_c = 2,5\omega^2 R$ - ускорение центра масс столбика. $P_2 = P_0 + \rho(gH + 7,5\omega^2 R^2)$.

4. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,8mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,4mg$.

3) $T_3 = 1,5T_1 = 1,2mg$, $ma_\tau = mg \sin \varphi$, $T_3 - mg \cos \varphi = \frac{mV_3^2}{R}$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_\tau = \frac{\sqrt{29}}{15} g$.

5. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = -0,02$, $\frac{\Delta P}{P} = 0,03$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,01T = 2,7$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx -45$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_v \Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V}$ - 3СЭ. $C = C_v + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2} R - 2R = -\frac{1}{2} R \approx -4,2$ Дж/(моль·К).

Заметим, что непосредственный более точный расчет дает

$C \approx \frac{3}{2} R - 2,13R = -0,63R \approx -5,2$ Дж/(моль·К).

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-06

1. 1) $(V_0 \sin \alpha)^2 = 2gH$. $V_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin \alpha} = 20$ м/с.

2) $H = \frac{1}{2}gt_0^2$. $t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1$ с.

3) $L = V_0 \cos \alpha \cdot 2t_0 = \frac{4H}{\operatorname{tg} \alpha} = 20\sqrt{3}$ м. $L \approx 34,6$ м.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A_{12}}{A}$, $x_2 = \frac{-A_{31}}{A_{12}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x_1 = \frac{2}{5\eta}$. 2) $x_2 = \frac{5}{2}(1-\eta)$.

3. 1) $P_1 = P_0 + \rho gH$.

2) Для столбика длиной $4R$ по второму закону Ньютона $P_2S - P_1S = \rho 4RSa_c$. $a_c = 3\omega^2 R$ - ускорение центра масс столбика. $P_2 = P_0 + \rho(gH + 12\omega^2 R^2)$.

4. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,75mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,5mg$.

3) $T_3 = 1,25T_1 = \frac{15}{16}mg$, $a_n = \frac{V_3^2}{R}$, $T_3 - mg \cos \varphi = ma_n$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_n = \frac{g}{8}$.

5. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = -0,01$, $\frac{\Delta P}{P} = -0,01$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = -0,02T \approx -5,5$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx -23$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_V \Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V} - 3C\varepsilon$. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = 2R \approx 17$ Дж/(моль·К).

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-05, 10-06

Задача 1. (10 очков)

- 1) Аналитический ответ на первый вопрос 2 очка
Численный ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Аналитический ответ на второй вопрос 2 очка
Численный ответ на второй вопрос 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
Численный ответ (даже через корни) на третий вопрос 1 очко

Задача 2. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
Есть обоснование ответа на 1-й вопрос 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
Ответ на второй вопрос 4 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
Ответ на второй вопрос 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
Ответ на третий вопрос 1 очко

Задача 5. (10 очков)

- 1) Найдена связь между приращениями для P , V и T 3 очка
Ответ на первый вопрос 2 очка
 - 2) Ответ на второй вопрос 2 очка
 - 3) Ответ на третий вопрос (число или через R) 3 очка
- За отсутствие численных ответов на 1-й и 2-й вопросы
снимать по одному очку.

Олимпиада «Физтех-2016». МФТИ. 21.02.2016

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Проверяются только чистовики.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полное количество очков.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий. На самой работе около номера каждой оформленной задачи проверяющий ставит суммарные очки за эту задачу красной ручкой и обводит кружком.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко.** Проверяющий проставляет на двойном листе работы количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.
