

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-01

$$1. \quad 1) \quad \begin{cases} 3ma = 3mg - T \\ (2m + m)a = T \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{1}{2}g \\ T = \frac{3}{2}g \end{cases}$$

2) T_1 - сила натяжения нити между грузами m и $2m$

$$ma = T_1 \quad T_1 = \frac{mg}{2} \quad \frac{T}{T_1} = 3$$

$$2. \quad \begin{cases} m_2 \omega^2 r_2 = T_2 - T_1 \\ m_1 \omega^2 r_1 = T_1 \end{cases} \quad \frac{m_2 r_2}{m_1 r_1} = \frac{T_2}{T_1} - 1 \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_2 r_2}{m_1 r_1} + 1$$

$$T_2/T_1 = 2$$

$$3. \quad V_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad V = \sqrt{G \frac{M}{r}} \quad h = r - R$$

$$\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 = \frac{r}{R} \quad r = R \left(\frac{V_1}{V}\right)^2 \quad h = R \left(\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 - 1 \right) \quad h = R(4 - 1) = 3R$$

$$4. \quad 1) L_0 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = \frac{10^2 \sin(2 \cdot 15^\circ)}{20} = 2,5 \text{ м.}$$

2) Шарик коснется земли на расстоянии $l = L - l_0$, где l_0 – расстояние от стенки, на которое отлетел шарик после упругого удара со стенкой. $l_0 = L_0 - L$, где L_0 – расстояние на

которое улетел бы шарик, если бы стенки не было $L_0 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. Следовательно

$$l = 2L - L_0 = 2L - \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}. \quad l = 2 \cdot 4 - \frac{10^2 \sin(2 \cdot 15^\circ)}{10} = 8 - 5 = 3 \text{ м.}$$

5. Для произвольного горизонтального участка массой Δm

$$\Delta m a = F(x) - F(x + \Delta x)$$

$$\rho S \Delta x a = S \frac{\Delta P}{\Delta x} \Delta x \Rightarrow \Delta P = \rho a \Delta x$$

Пусть $x=0$ в изгибе, тогда, $P(x) = P_u - \rho a x$, где $P_u = \rho g(H + H_0)$ давление в изгибе

$$P(x) = \rho g(H + H_0) - \rho a x$$

$$1) \quad P\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{\rho g(H + H_0)}{2} \quad P\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{840}{2} = 420 \text{ мм.рт.ст.}$$

2) При $a \geq a_0$ $P(L) = 0$

$$0 = P_u - \rho a_0 L \quad a_0 = \frac{P_u}{\rho L}$$

$$0 = P_u - \rho \frac{5}{4} a_0 l \quad l = \frac{P_u}{\rho a_0 \frac{5}{4}} = \frac{4 P_u \rho L}{5 \rho P_u} = \frac{4}{5} L \quad l_B = L - l = \frac{1}{5} L = 30 \text{ см}$$

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-02

$$1. \quad 1) \quad \begin{cases} ma = mg - T \\ (3m + 2m)a = T \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{g}{6} \\ T = \frac{5}{6}mg \end{cases}$$

2) T_1 - сила натяжения нити между грузами $3m$ и $2m$

$$3ma = T_1 \quad T_1 = \frac{mg}{2} \quad \frac{T}{T_1} = \frac{5}{3}$$

$$2. \quad \begin{cases} m_2 \omega^2 r_2 = T_2 - T_1 \\ m_1 \omega^2 r_1 = T_1 \end{cases} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_2 r_2}{m_1 r_1} + 1 \quad \frac{T_2}{T_1} = 3$$

$$3. \quad V_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad V = \sqrt{G \frac{M}{r}} \quad h = r - R$$

$$\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 = \frac{r}{R} \quad r = R \left(\frac{V_1}{V}\right)^2 \quad h = R \left(\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 - 1 \right) \quad h = 8R$$

4. 1) 20 м/с.

$$2) \quad l_0 = L_0 - L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} - L; \quad \sin 2\alpha = \frac{g(l_0 + L)}{v_0^2} = \frac{10(5+15)}{20^2} = 0,5; \quad \alpha = 15^\circ$$

5. Для произвольного горизонтального участка массой Δm

$$\Delta ma = F(x) - F(x + \Delta x)$$

$$\rho S \Delta x a = S \frac{\Delta P}{\Delta x} \Delta x \Rightarrow \Delta P = \rho a \Delta x$$

Пусть $x=0$ в изгибе, тогда, $P(x) = P_u - \rho a x$, где $P_u = \rho g(H + H_0)$ давление в изгибе

$$P(x) = \rho g(H + H_0) - \rho a x$$

1) При $a \geq a_0$ $P(L) = 0$

$$0 = \rho g(H + H_0) - \rho a_0 L$$

$$H + H_0 = \frac{a_0 L}{g}$$

$$H = \frac{a_0 L}{g} - H_0$$

$$H = 0,75L - H_0$$

$$H = 0,75 \cdot 1000 - 745$$

$$H = 5 \text{ мм}$$

2)

$$0 = P_u - \rho \frac{5}{4} a_0 l$$

$$P_u = \rho g \left(\frac{a_0 L}{g} - H_0 + H_0 \right) = \rho a_0 L$$

$$0 = \rho a_0 L - \frac{5}{4} \rho a_0 l$$

$$l = \frac{4}{5} L$$

$$l_B = L - \frac{4}{5} L = \frac{1}{5} L = 20 \text{ см}$$

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 09-01, 09-02

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)

- Правильно записаны все необходимые уравнения 4 очка
Ответ 6 очков

Задача 3. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые уравнения 4 очка
Ответ 6 очков

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)

- Есть понимание, что начинает выливаться при $P=0$ у правого торца
трубки 1 очко
- 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 2 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-03

$$1. \quad y = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad t_n = \frac{2V_0}{g} \quad t_{n3} = \frac{2V_0}{g_3} \quad t_{n3} = \frac{2V_0}{g_n} \quad \frac{t_{n3}}{t_n} = \frac{g_3}{g_n}; \quad t_{n3} = t_n \cdot \frac{g_3}{g_n} = 2 \cdot 6 = 12c$$

$$2. \quad 1) \text{ для грузов } 2m, 3m, 4m \text{ в проекции на ось, направл. вдоль накл. плоскости: } 0 = T - (2m + 3m + 4m)g \cdot \sin \alpha$$

$$T = 9mg \cdot \sin \alpha = 3mg \quad T = 3mg$$

$$1) \text{ для груза } m \text{ до пережиг. нити: } 0 = T + mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{упр}}$$

После пережигания

$$ma = -F_{\text{упр}} + mg \cdot \sin \alpha \quad ma = -T \quad a = -3g, \text{ вверх}$$

$$3. \text{ Проекция на верт. ось: } 0 = T_B \cdot \cos \alpha - T_H \cdot \sin \alpha - mg \quad T_B = 3T_H \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$T_B \cdot \cos \alpha - \frac{T_B}{3} \cdot \sin \alpha = mg; \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}; \quad T_B \cdot \frac{4}{5} - \frac{T_B}{5} = mg \quad T_B = \frac{5}{3}mg \quad T_H = \frac{5}{9}mg$$

$$\text{Проекция на horiz. ось: } m\omega^2 R = T_B \cdot \sin \alpha + T_H \cdot \cos \alpha = \frac{5}{3}mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{5}{9} \cdot \frac{4}{5}mg$$

$$m\omega^2 R = mg \cdot \frac{13}{9} \quad \omega = \sqrt{\frac{13g}{9R}}$$

$$4. \quad 1) \begin{cases} m_2 a = m_2 g - T \\ m_1 a = T - m_1 g \cdot \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow a = g \frac{m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha}{m_1 + m_2} = \frac{9}{25}g$$

$$T = m_2(g - a) = \frac{48}{25}mg$$

$$2) N = mg + T(1 + \sin \alpha) + 2mg \cdot \cos^2 \alpha$$

$$N = mg \left(1 + \frac{48}{25} \cdot \frac{16}{10} + \frac{32}{25} \right) = \frac{669}{125}mg = 5 \frac{44}{125}mg$$

5. Для horiz. участка

1)

$$ma_0 = F_{\text{л}} - F_{\text{п}}$$

$$\rho L \cdot Sa_0 = (P_0 + \rho g H_0) \cdot S - (P_0 + \rho g(H_0 - 2H)) \cdot S$$

$$\rho La_0 = P_0 + \rho g H_0 - P_0 - \rho g(H_0 - 2H)$$

$$\rho La_0 = \rho g H_0 - \rho g H_0 + 2\rho g H$$

$$a_0 = g \frac{2H}{L}$$

2)

$$\rho L \frac{4}{3} a_0 S = (P_0 + \rho g H_0) \cdot S - (P_0 + \rho g(H_0 - l)) \cdot S$$

$$\rho L \frac{4}{3} a_0 = P_0 + \rho g H_0 - P_0 - \rho g(H_0 - l)$$

$$\rho L \frac{4}{3} a_0 = \rho g H_0 - \rho g H_0 + \rho g l$$

$$l = L \frac{a_0}{g} \frac{4}{3} = \frac{4L}{3} \cdot \frac{g}{g} \frac{2H}{L} = \frac{8}{3}H$$

$$l_B = (H_0 - 2H) - (H_0 - l) = H_0 - 2H - H_0 + l = l - 2H$$

$$l_B = \frac{2}{3}H$$

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-04

$$1. \quad V = V_0 - gt \quad t_m = \frac{V_0}{g}; \quad y = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad h_m = V_0 \cdot t_m - \frac{gt_m^2}{2} = \frac{V_0^2}{2g} \quad h_{мз} = \frac{V_0^2}{2g_3}$$

$$h_{мл} = \frac{V_0^2}{2g_l} \quad \frac{h_{мл}}{h_{мз}} = \frac{g_3}{g_l}; \quad h_{мл} = h_{мз} \cdot \frac{g_3}{g_l} = 9 \cdot 6 = 54 \text{ м}$$

2. Для грузов $2m, 3m, 4m$ в проекции на ось, направл. вдоль накл. плоскости

$$1) \quad 0 = T - (2m + 3m + 4m)g \cdot \sin \alpha \quad T = 9mg \sin \alpha = \frac{3}{2} mg \quad T = \frac{3}{2} mg$$

$$2) \quad \text{Для груза массой } 2m \text{ до пережиг. нити: } F_{\text{упр}} + 2mg \sin \alpha - T = 0$$

$$\text{После пережигания } 2ma = F_{\text{упр}} + 2mg \sin \alpha \quad 2ma = T \quad a = \frac{3}{4} g, \text{ вниз}$$

3. Проекция на верт. ось

$$0 = T_B \cdot \sin \beta - T_H \cdot \cos \beta - mg \quad \frac{T_B}{T_H} = 4 \quad \cos \beta = \frac{4}{5} \quad \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$T_B \cdot \frac{3}{5} - \frac{T_B}{4} \cdot \frac{4}{5} = mg \Rightarrow T_B = \frac{5}{2} mg \quad T_H = \frac{5}{8} mg$$

$$\text{Проекция на гориз. ось: } m\omega^2 R = T_B \cdot \cos \beta + T_H \cdot \sin \beta = \frac{5}{2} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{5}{8} \cdot \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} = \frac{19}{8} gm$$

$$\omega = \sqrt{\frac{19g}{8R}}$$

$$4. \quad 1) \begin{cases} m_2 a = m_2 g - T \\ m_1 a = T - m_1 g \cdot \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow a = g \frac{m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha}{m_1 + m_2} = 0,4g = \frac{2}{5} g; \quad T = m_2 (g - a) = \frac{6}{5} mg$$

$$2) \quad N = 2mg + T(1 + \sin \alpha) + mg \cdot \cos^2 \alpha = 2mg + T(1 + \sin \alpha) + mg(1 - \sin^2 \alpha)$$

$$N = mg \left(2 + \frac{6}{5} \cdot \frac{18}{10} + 1 - \frac{64}{100} \right) = mg \left(\frac{226}{50} \right) = \frac{113}{25} mg$$

5. 1)

$$ma_0 = F_{II} - F_{II}$$

$$\rho L \cdot Sa_0 = (P_0 + \rho g H_0) \cdot S - (P_0 + \rho g (H_0 - 2H)) \cdot S$$

$$\rho La_0 = P_0 + \rho g H_0 - P_0 - \rho g (H_0 - 2H)$$

$$\rho La_0 = \rho g H_0 - \rho g H_0 + 2\rho g H$$

$$L = H \frac{2g}{a_0} = 40H$$

2)

$$l = L \frac{a_1}{g} = \frac{L}{16} = \frac{5}{2} H$$

$$l_B = (H_0 - 2H) - (H_0 - l) = l - 2H$$

$$l_B = \frac{5}{2} H - 2H = \frac{1}{2} H$$

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 09-03, 09-04

Задача 1. (10 очков)

Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
Ответ 6 очков

Задача 2. (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

Задача 3. (10 очков)

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

Задача 4. (10 очков)

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

Задача 5. (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

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-05

$$1. V = V_0 \cdot \cos \alpha \quad \cos \alpha = \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$1). V_B = V_0 \cdot \sin \alpha = 10 \cdot \frac{4}{5} = 8 \text{ м/с}$$

$$2) t = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} = 0,8 \text{ с}$$

$$2. g = G \frac{M}{R^2} \quad g' = G \frac{M}{(R+h)^2} \quad g' = 0,81g \quad \frac{g}{g'} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$$

$$h = R \sqrt{\frac{g}{g'}} - R = R \left(\sqrt{\frac{g}{g'}} - 1 \right) = R \left(\frac{10}{9} - 1 \right) \quad h = \frac{1}{9} R$$

$$3. \frac{mv^2}{R} = mg - N; \quad N = mg - \frac{mv^2}{R} \quad N' = mg - \frac{4mv^2}{R}$$

$$N' = 4 \left(\frac{mg}{4} - \frac{mv^2}{R} \right) = 4 \left(mg - \frac{3mg}{4} - \frac{mv^2}{R} \right)$$

$$N' = 4 \left(N - \frac{3mg}{4} \right) = 4(0,9mg - 0,75mg) = 0,6mg$$

$$4. 1) P_1 = P_0 + \rho g H$$

$$2) (P_2 - P_1) S = S \rho R \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$$

$$P_2 = P_1 + \frac{3}{2} \rho \omega^2 R^2 = P_0 + \rho g H + \frac{3}{2} \rho \omega^2 R^2$$

$$5. 1) a = g \frac{m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha}{m_1 + m_2} = g \frac{m - 3m \cdot 0,8}{4m} = -\frac{14}{40} g = -\frac{7}{20} g$$

$$T = m_2 (g - a) \quad T = \frac{27}{20} mg$$

$$2) F_{mp} = 3mg \cos \alpha \sin \alpha - T \cos \alpha = \frac{63}{100} mg$$

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 09-06

1. $V = V_0 \cdot \cos \alpha$ $\cos \alpha = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$
 1)

$$V_B = V_0 \cdot \sin \alpha = 10 \cdot \frac{3}{5} = 6 \text{ м/с}$$

2)

$$h_{\max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{9}{5} \text{ м}$$

2. $g' = 0,64g$

$$h = R \left(\sqrt{\frac{g}{g'}} - 1 \right) = R \left(\frac{10}{8} - 1 \right) = \frac{1}{4} R$$

3.

$$\frac{mv^2}{R} = mg - N \qquad N = mg - \frac{mv^2}{R} \qquad N' = mg - \frac{mv^2}{4R}$$

$$N' = \frac{1}{4}(3mg + N) = \frac{1}{4}(3mg + 0,8mg) = \frac{19}{20} mg$$

4.

1) $P_1 = P_0 + \rho g H$

2) $(P_2 - P_1)S = S \rho 2R \cdot \omega^2 \cdot 2R$

$$P_2 = P_1 + 4\rho \omega^2 R^2 = P_0 + \rho g H + 4\rho \omega^2 R^2$$

5.

1)

$$a = g \frac{m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha}{m_1 + m_2} = g \frac{2m - 3m \cdot 0,6}{5m} = \frac{1}{25} g$$

$$N = 2mg + T(1 + \sin \alpha) + 3mg \cdot \cos^2 \alpha$$

$$T = m_2(g - a) \qquad T = 2m \left(\frac{48}{50} \right) g \qquad T = \frac{48}{25} mg$$

2) $F_{mp} = T \cos \alpha - 3mg \cos \alpha \sin \alpha = \frac{12}{125} mg$

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 09-05, 09-06

Задача 1. (10 очков)

- 1) Аналитический ответ на первый вопрос 3 очка
- Численный ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Аналитический ответ на второй вопрос 3 очка
- Численный ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 2. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- Ответ 6 очков

Задача 3. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- Ответ 6 очков

Задача 4. (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 5. (10 очков)

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

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.
