

Олимпиада «Физтех». Физика. Решения. Вариант 09-01

1. Условие встречи $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$,

$$1) \sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,43, \quad \cos \beta \approx 0,9,$$

$$2) T = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta} = \frac{1000 - 770}{10 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,9} = 10 \text{ с.}$$

2. $T = 2 \frac{V_0 \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha}$, $T_{\max} = 2 \frac{V_0}{g \cos \alpha}$, при $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

$$1) \varphi = \frac{\pi}{2},$$

$$S = 0,5 g \sin \alpha \cdot T_{\max}^2, \quad T_{\max} = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}},$$

$$V_0 = \frac{1}{2} g \cos \alpha \cdot T_{\max} = \frac{1}{2} g \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot S}{g \cdot \sin \alpha}},$$

$$2) V_0 = \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{g \cdot S}{2 \cdot \sin \alpha}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 800}{2 \cdot 0,5}} \approx 77 \text{ м/с.}$$

3. 1) $V_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = 4 \text{ м/с.}$

По теореме об изменении импульса системы

$$m \cdot (V_1 + V_2 \cdot \sin \alpha) = \mu \cdot m \cdot V_2 \cdot \cos \alpha, \quad \mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{V_1}{V_2}.$$

$$a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = g \frac{V_1}{V_2} = 10 \cdot \frac{1}{4} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

4. В процессе слипания импульс системы сохраняется

$$m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 2m\vec{V}, \quad \vec{V} = 0,5 \cdot (\vec{V}_1 + \vec{V}_2),$$

$$1) V = 0,5 \cdot \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = 0,5 \cdot \sqrt{60^2 + 80^2} = 50 \text{ м/с,}$$

Закон сохранения энергии: при слипании

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q, \text{ отсюда } Q = \frac{m}{4}(V_1^2 + V_2^2),$$

$$\text{в тепловом процессе } Q = \frac{m}{4}(V_1^2 + V_2^2) = 2m \cdot C \cdot \Delta t,$$

$$2) \Delta t = \frac{1}{8C}(V_1^2 + V_2^2) = \frac{60^2 + 80^2}{8 \cdot 130} \approx 9,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. $\frac{2}{2r} + \frac{1}{4r} = \frac{5}{4r}$,

$$1) R_{AB} = \frac{4}{5}r + 3r = \frac{19}{5}r = 38 \text{ Ом. В цепь втекает ток } I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{5}{19} \frac{U}{r}$$

$$2) I = \frac{1}{5}I_0 = \frac{1}{19} \cdot \frac{U}{r} = \frac{1}{19} \cdot \frac{38}{10} = 0,2 \text{ А.}$$

Олимпиада «Физтех». Физика. Решения. Вариант 09-02

1. Условие встречи $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$,

$$1) V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \approx 13,9 \text{ м/с},$$

$$2) S = l - (V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)T = 400 \text{ м}.$$

2. Продолжительность полета над склоном

$$T = 2 \frac{V_0 \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha}, \quad T_{\max} = 2 \frac{V_0}{g \cos \alpha}, \quad \text{при } \beta = \frac{\pi}{2},$$

$$1) \beta = \frac{\pi}{2}.$$

Дальность полета вдоль склона

$$S = 0,5 g \sin \alpha \cdot T_{\max}^2 = \frac{1}{2} g \sin \alpha \cdot \left(2 \frac{V_0}{g \cos \alpha} \right)^2 = 2 \frac{V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha},$$

$$2) L = \frac{V_0^2}{g} = \frac{\cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha} \cdot S = 0,96 \cdot 10^3 \text{ м}.$$

3. 1) $V_1 = gT = 2 \text{ м/с}$,

по теореме об изменении импульса системы

$$m \cdot (V_2 + V_1 \cdot \sin \alpha) = \mu \cdot m \cdot V_1 \cdot \cos \alpha, \quad \mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{V_2}{V_1} = \frac{a}{g}.$$

$$2) V_2 = \frac{a}{g} \cdot V_1 = a \cdot T = 0,4 \text{ м/с}.$$

4. В процессе слипания импульс системы сохраняется

$$m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 2m\vec{V}, \quad \vec{V} = 0,5 \cdot (\vec{V}_1 + \vec{V}_2),$$

$$1) V_2 = \sqrt{4 \cdot V^2 - V_1^2} = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} = 40 \text{ м/с}.$$

Закон сохранения энергии:

при слипании $\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q$, отсюда $Q = \frac{m}{4}(V_1^2 + V_2^2) = mV^2$,

в тепловом процессе $Q = mV^2 = 2m \cdot C \cdot \Delta t$,

$$2) C = \frac{V^2}{2 \cdot \Delta t} = \frac{25^2}{2 \cdot 1,35} \approx 231 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{}^\circ\text{C)}.$$

5. $\frac{2}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{3}{2r}$

$$1) R_{AB} = \frac{2}{3}r + 2r = \frac{8}{3}r = 16 \text{ Ом}.$$

На разветвленном участке цепи напряжение $0,25 \cdot U$.

$$2) P = \frac{(0,25 \cdot U)^2}{\frac{2}{3}r} = \frac{3}{32} \cdot \frac{U^2}{r} = \frac{3}{32} \cdot \frac{8^2}{6} = 1 \text{ Вт}.$$

**Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех» 2020 г.
Билеты 09-01, 09-02**

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 3. (10 очков)

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

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Во всех задачах за каждую арифметическую ошибку минус одно очко.

Олимпиада «Физтех». Физика. Решения. Вариант 09-03

1. 1) $V_0 = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{1,57} = 2 \text{ м/с.}$

При качении без проскальзывания относительная скорость любой точки обода равна по величине скорости оси колеса в лабораторной системе отсчета. Из закона сложения скоростей следует $\vec{V}_0 = 0,5 \cdot (\vec{V}_A + \vec{V}_B)$, в рассматриваемой задаче $\vec{V}_A \perp \vec{V}_B$, тогда $4 \cdot V_0^2 = V_A^2 + V_B^2$.

2) $V_A = \sqrt{4 \cdot V_0^2 - V_B^2} = \sqrt{4 \cdot 2^2 - 2^2} = 2 \cdot \sqrt{3} \approx 3,46 \text{ м/с.}$

2. 1) $T = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (3,0 - 0,5)}{10}} \approx 0,7 \text{ с,}$

$$V_{0x} = \frac{S}{\tau}, \quad \tau = \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad V_{0x} = S \sqrt{\frac{g}{2H}}, \quad V_{0y} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H-h)}$$

2) $V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0y}^2} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(H-h + \frac{S^2}{4 \cdot H} \right)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \left(3,0 - 0,5 + \frac{12^2}{4 \cdot 3} \right)} \approx 17 \text{ м/с.}$

3. При движении бруска вниз $mg \sin \alpha = F_1 + \mu mg \cos \alpha$,

при движении бруска вверх $F_2 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$,

1) $\mu = \frac{F_2 - F_1}{F_2 + F_1} \cdot \tan \alpha = \frac{2F_1 - F_1}{2F_1 + F_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{9} \approx \frac{1,73}{9} \approx 0,19$,

ускорение бруска при скольжении вверх по наклонной плоскости

$$a = g \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = g \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{2}{3} g,$$

2) $V_0 = \sqrt{2 \cdot a \cdot S} = \sqrt{2 \cdot \frac{2}{3} \cdot g \cdot S} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10}{3}} \cdot 1,35 = 3 \cdot \sqrt{2} \approx 4,2 \text{ м/с.}$

4. Перед соударением импульс системы нулевой, следовательно в момент, когда деформация максимальная, шайбы покоятся,

1) $E = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = 1,5 \text{ Дж.}$

Относительная скорость до и после абсолютно упругого столкновения одинакова по величине, следовательно

2) $T = \frac{L}{V_1 + V_2} = 0,4 \text{ с.}$

5. 1) $U_0 = 3 \cdot U = 12 \text{ В.}$

При включенном амперметре сопротивление цепи $\frac{4}{3}R$, ток через источник $\frac{3}{4} \cdot \frac{U_0}{R}$,

ток через амперметр $I = \frac{U_0}{4R}$. При включенном вольтметре сопротивление цепи $\frac{3}{2}R$, во

всей цепи рассеивается мощность

2) $P = \frac{U_0^2}{1,5 \cdot R} = \frac{4}{1,5} \cdot U_0 I = 8 \cdot U \cdot I = 8 \cdot 4 \cdot 0,03 = 0,96 \text{ Вт.}$

Олимпиада «Физтех». Физика. Решения. Вариант 09-04

1. 1) $V_0 = \frac{\pi R}{6 \cdot \tau} \approx 1,3 \text{ м/с.}$

При качении без проскальзывания относительная скорость любой точки обода равна по величине скорости оси колеса в лабораторной системе отсчета. Из закона сложения скоростей следует $\vec{V}_0 = 0,5 \cdot (\vec{V}_A + \vec{V}_B)$, в рассматриваемой задаче $\vec{V}_A \perp \vec{V}_B$, тогда $4 \cdot V_0^2 = V_A^2 + V_B^2$.

$$V_B = \sqrt{4 \cdot V_0^2 - (1,2 \cdot V_0)^2} = V_0 \cdot \sqrt{2,56} = 1,6 \cdot V_0 = 1,6 \cdot 1,3 = 2,08 \approx 2,1 \text{ м/с.}$$

2) $V_B = 1,6 \cdot V_0 \approx 2,1 \text{ м/с.}$

2. 1) $T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2}{10}} = 0,8 \text{ с,}$

$$V_{0x} = \frac{S}{T} = \frac{16}{0,8} = 20 \text{ м/с, } V_{0y} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H-h)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (3,2-0,75)} = 7 \text{ м/с.}$$

2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{0y}}{V_{0x}} = \frac{T \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H-h)}}{S} = \frac{7}{20} = 0,35.$

3. При движении бруска вниз $mg \sin \alpha = F_1 + \mu mg \cos \alpha,$

при движении бруска вверх $F_2 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha,$

1) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_1 + F_2}{F_2 - F_1} \mu = \frac{F_1 + 1,5F_1}{1,5F_1 - F_1} \cdot 0,2 = 1,0,$

ускорение бруска при скольжении вверх по наклонной плоскости

$$a = g \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} (1 + \mu) = g \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} (1 + 0,2) = 0,6 \cdot \sqrt{2} \cdot g \approx 8,4 \text{ м/с}^2.$$

2) $V_0 = a \cdot T = 8,4 \cdot 0,5 = 4,2 \text{ м/с.}$

4. Из законов сохранения импульса $m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = 0$ и энергии $E = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2}$ следует

1) $E = \frac{m_1 V_1^2}{2} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_2} = \frac{1,0 \cdot 2^2}{2} \cdot \frac{1,0 + 2,0}{2,0} = 3 \text{ Дж,}$

$$E = \frac{k \Delta l_0^2}{2}, \Delta l_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{k}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3}{150}} = 0,2 \text{ м. Далее } m_1 V_{1x} \Delta t + m_2 V_{2x} \Delta t = 0, \text{ тогда отношение элементарных, а следовательно и конечных перемещений равно}$$

$$\frac{|\Delta x_1|}{|\Delta x_2|} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{m_2}{m_1} = 2, S_1 + S_2 = \Delta l_0.$$

2) $S_1 = \frac{2}{3} \cdot \Delta l_0 = \frac{2}{3} \cdot 0,2 = \frac{2}{15} \approx 0,13 \text{ м.}$

5. 1) $U = \frac{1}{2} U_0 = \frac{27}{2} = 13,5 \text{ В.}$ Далее, при включенном амперметре сопротивление цепи $\frac{3}{2} R,$

в цепь втекает ток $\frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{R}$ и делится в отношении 3:1, ток через амперметр $I = \frac{1}{3} \cdot \frac{U_0}{R}.$

2) $P = \frac{2 \cdot U_0^2}{3 \cdot R} = 2 \cdot I \cdot U_0 = 2 \cdot 0,045 \cdot 27 = 2,43 \text{ Вт.}$

**Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех» 2020 г.
Билеты 09-03, 09-04**

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 3. (10 очков)

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

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Ответ на второй вопрос 5 очков

Во всех задачах за каждую арифметическую ошибку минус одно очко.