

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

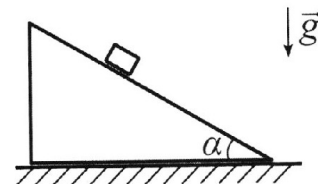
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t = 0$ до $t = 4T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t = 0$ до $t = T$.

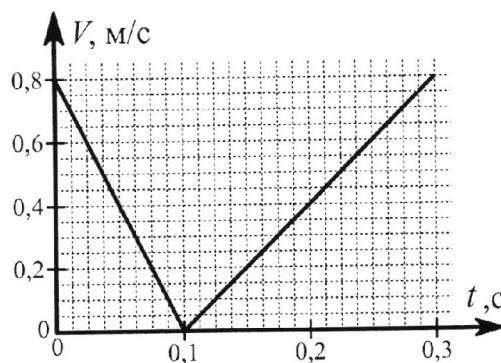
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль $F_{тр}$ наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,3$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





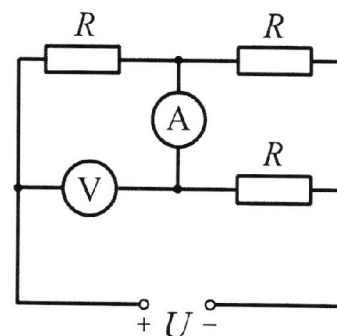
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_B вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °С, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\Rightarrow H = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - g \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} =$$

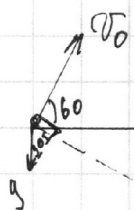
$$= \cancel{16c^2} \cdot T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T^2 = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} \Rightarrow H = \frac{T^2 \cdot g}{8} =$$

$$= \frac{16c^2 \cdot 10m/c^2}{8} = \frac{160m}{8} = 20m.$$

$$h(t) = v_0 \cos \alpha t. \Rightarrow h_{\text{пр}} = v_0 \cos \alpha T$$

$$T = \frac{2v_0 \sin 60}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gT}{2 \sin 60}$$

$$\Rightarrow S = \frac{gT}{2 \sin 60} \cdot \cos 60 \cdot T = \frac{10m/c^2 \cdot 16c^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{160}{2\sqrt{3}} m = \frac{80}{\sqrt{3}} m.$$



$$\Rightarrow g \cdot \sin 30 = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v_0^2}{g \sin 30} = \frac{g^2 T^2}{4 \sin^2 60 \cdot g \sin 30}$$

$$= \frac{g^2 T^2}{4 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{10m/c^2 \cdot 16c^2 \cdot 2}{3} = \frac{320}{3} m =$$

$$= 106 \frac{2}{3} m$$

$$\begin{array}{r} 320 \overline{) 3} \\ -3 \\ \hline 020 \\ -18 \\ \hline 2 \end{array}$$

Ответ: 1. $H = 20m$ 2. $S = \frac{80\sqrt{3}}{3} m$ 3. $R = 106 \frac{2}{3} m.$



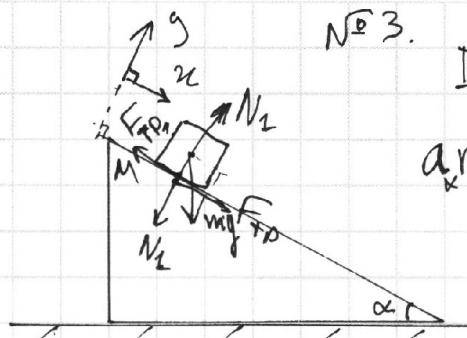
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

дано:
 $m = 0,2 \text{ кг}$
 $M_{\text{ш}} = 2 \text{ м}$ (масса шайбы).



№ 3.

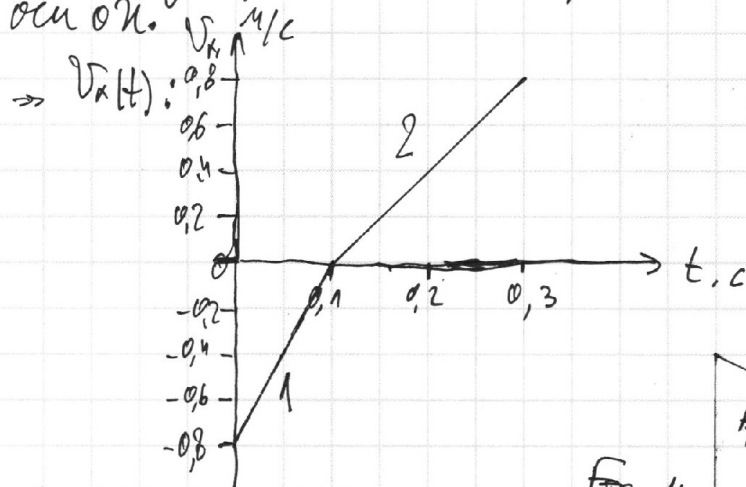
II 3-й У. для m на от:

$$a_x m = mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

a_x - ускорение шайбы, направлено по оси OX .

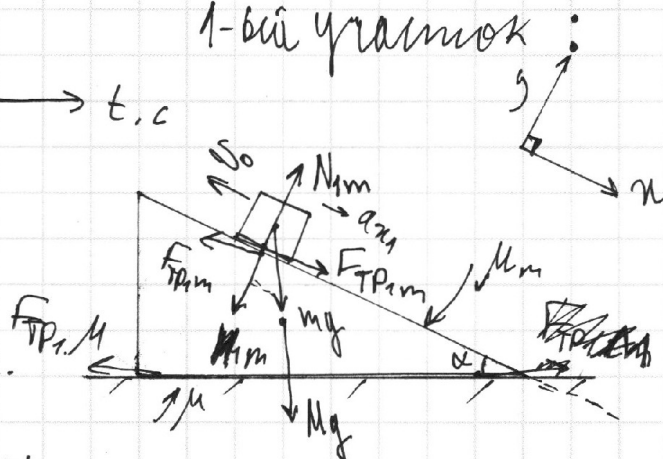
$$\Rightarrow a_x = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}}}{m}$$

Посмотрим на график. Имеем, что шайба изначально двигалась по оси Ox "вниз", то её скорость бы увеличилась монотонно, так как действующие на неё силы в процессе не менялись. Но график движения шайбы не монотонен, поэтому изначальная скорость шайбы направлена "вверх" по оси Ox .



Рассмотрим отдельно 2 участка.

1-ый участок:



v_0 - начальная скорость шайбы.

II 3-й У. на Ox :

$$a_{x1} m = F_{\text{тр1}m} + mg \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow a_{x1} = \frac{F_{\text{тр1}m}}{m} + g \cdot \sin \alpha = \frac{0,8 \text{ м/с}}{0,1 \text{ с}} = 8 \text{ м/с}^2 \quad (F_{\text{тр1}} = \mu m \cdot N_{1m})$$

$$0 \cdot M = -F_{\text{тр1}m} \cdot \cos \alpha + M g \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр1}m}$$

$$F_{\text{тр1}m} = -F_{\text{тр1}m} \cdot M \cdot \cos \alpha + M g \cdot \sin \alpha$$

II 3-й У. на Oy : $N_{1m} = mg \cdot \cos \alpha = N_{2m}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Второй участок:
± 3-й ч. на ос:

$$a_{x2}m = mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}2.m}$$

$$a_{x2} = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}2.m}}{m}$$

$$(F_{\text{тр}2.m} = \mu_m \cdot N_{2.m}).$$

$$0 \cdot M = -F_{\text{тр}2.m} \cdot \cos \alpha + Mg \sin \alpha + F_{\text{тр}2.m}$$

$$\text{Заменим } \mu, \text{ но } F_{\text{тр}2.m} = F_{\text{тр}1.m} = \mu_m \cdot N_{2.m} = \mu_m \cdot N_{1.m} (N_{1.m} = N_{2.m}).$$

$$a_{x2} = \frac{0,6 \text{ м/с}^2}{0,2 \text{ с}} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$\Rightarrow a_{x2} = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}1.m}}{m} \quad a_{x1} = g \sin \alpha + \frac{F_{\text{тр}1.m}}{m}$$

$$\Rightarrow a_{x2} + a_{x1} = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_{x1} + a_{x2}}{2g} = \frac{12 \text{ м/с}^2}{10 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{3}{5}\right), \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$F_{\text{тр}1} = Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}1.m} \quad F_{\text{тр}1.m} = \frac{Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}1.m}}{\cos \alpha}$$

$$F_{\text{тр}2.m} = \frac{Mg \sin \alpha + F_{\text{тр}2.m}}{\cos \alpha}$$

Так как $F_{\text{тр}1.m} = F_{\text{тр}2.m}$, то $|F_{\text{тр}2.m}| > |F_{\text{тр}1.m}|$.

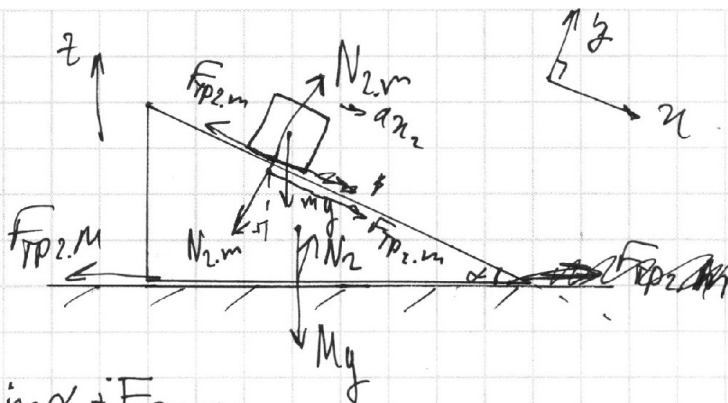
$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}2.m}, \quad F_{\text{тр}2.m} = \frac{Mg \sin \alpha + m(g \sin \alpha - a_{x2})}{\cos \alpha}$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = \frac{Mg \sin \alpha + m(g \sin \alpha - a_{x2})}{\cos \alpha} = \frac{2m \cdot \frac{3g}{5} + m \cdot (g \sin \alpha - a_{x2})}{\frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} + 0,2 \cdot (10 \cdot \frac{3}{5} - 4)}{\frac{4}{5}} = \frac{0,4 \cdot 6 + 0,2 \cdot 2}{\frac{4}{5}} = \frac{0,4 \cdot 7}{\frac{4}{5}} = \frac{2}{5} \cdot 7 \cdot 5 =$$

$$= \frac{7}{2} \text{ Н.} \Rightarrow$$

Окончательно





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

II 3-й ч. на OZ :

$$N_2 - F_{\text{тр}2.m} \cdot \sin \alpha - N_{2m} \cdot \cos \alpha - M_y = 0$$

$$N_2 = m(g \sin \alpha - a_{x2}) + m g \cdot \cos^2 \alpha + M_y$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} \leq \mu \cdot N_2 \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N_2}$$

$$N_2 = 0,2 \cdot (10 \cdot \frac{3}{5} - 4) + 0,2 \cdot 10 \cdot \frac{16}{25} + 0,4 \cdot 10 =$$

$$= 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot \frac{32}{5} + 4 = 0,4 + \frac{32}{25} + 4 = \frac{2}{5} + \frac{32}{25} + 4 = \frac{34}{25} + 4 =$$

$$0,2 \cdot 6 \cdot \frac{3}{5} + 0,2 \cdot 10 \cdot \frac{16}{25} + 0,4 \cdot 10 = \frac{18}{25} + \frac{32}{25} + 4 = \frac{50}{25} + 4 = 6 \text{ Н}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{\frac{7}{2} \text{ Н}}{\frac{34}{25} \text{ Н}} = \frac{7}{2} \cdot \frac{25}{34} = \frac{175}{68} \approx 2,57$$

Ответ: 1. $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ 2. $F_{\text{тр}} = 3,5 \text{ Н}$ 3. $\mu \geq \frac{7}{12}$.



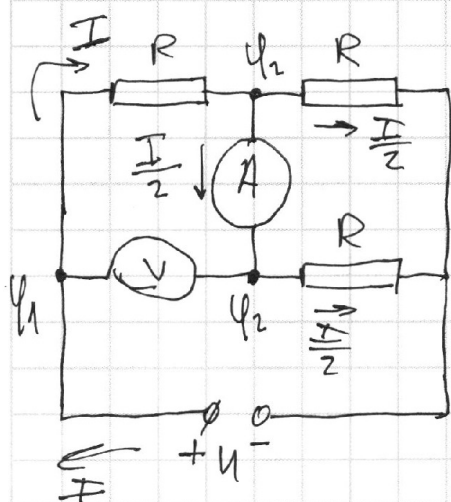
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 4.



Заметим, что через V ток не течёт, так как его сопротивление очень большое. А можно воспринимать как перемычку, так как его сопротивление очень мало.

Рассмотрим токи, исходя из выше сказанного и симметрии.

Дано:
 $R = 100 \Omega$
 $U = 30 \text{ В}$

$$U = IR + \frac{I}{2}R = \frac{3}{2}IR \Rightarrow I = \frac{2U}{3R} = \frac{2 \cdot 30}{3 \cdot 100} \text{ А} = 0,2 \text{ А}$$

$$U_B = U_2 - U_1 = IR = 0,2 \text{ А} \cdot 100 \Omega = 20 \text{ В}.$$

$$P = I^2 R + 2 \cdot \frac{I^2}{4} \cdot R = I^2 R + \frac{I^2 R}{2} = \frac{3}{2} I^2 R$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{0,1}{100} \cdot 100 \text{ Вт} = \frac{3}{2} \cdot 4 \text{ Вт} = 6 \text{ Вт}$$

Ответы: 1. $I = 0,2 \text{ А}$ 2. $U_B = 20 \text{ В}$ 3. $P = 6 \text{ Вт}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 5

Дано:

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$m_A = m_B = m$$

$$n = \frac{m_{A'}}{m_B} = \frac{9}{7}$$

$$t_2 = ?$$

~~УТВ.~~

Заметим, что так как после установления теплового равновесия в калориметре сосуществуют лёд и вода, то t_k — конечная температура в калориметре равна 0°C . $t_k = 0^\circ\text{C}$.

$$\text{УТБ: } m_A c_A (t_2 - t_k) + m_{B'} c_B (t_1 - t_k) + (m_B - m_{B'}) \cdot \lambda = 0$$

$$m_{A'} = m_B \cdot \delta + m_A$$

$$m_{B'} = m_B \cdot (1 - \delta)$$

$$m_B - m_{B'} = m_B - m_B \cdot (1 - \delta) = m_B \cdot \delta$$

лёд не будет таять, так как невозможно одновременная кристаллизация и таяние.

$$m_A c_A \cdot t_2 + m_{B'} c_B t_1 + (m_B - m_{B'}) \lambda = 0$$

$$t_2 = \frac{(m_{B'} - m_B) \lambda - m_{B'} c_B t_1}{m_A c_A}$$

$$\begin{array}{r} 336/8 \\ -32 \quad /42 \\ \hline 16 \\ -16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{9}{7} \cdot m_B (1 - \delta) = m_B \cdot \delta + m_A$$

$$m_A = m_B = m$$

$$\frac{9}{7} m (1 - \delta) = m (1 + \delta)$$

$$9 - 9\delta = 7 + 7\delta \Rightarrow 2 = 16\delta \Rightarrow \delta = \frac{1}{8}$$

$$t_2 = \frac{-m(\delta - 1)\lambda - m c_B t_1}{m c_A} = \frac{-(\frac{1}{8} - 1)\lambda - c_B t_1}{c_A}$$

$$= \frac{-\frac{9}{8} \cdot 336 \cdot 10^5 - 42 \cdot 10^3 \cdot 10}{2,1 \cdot 10^3} = \frac{-(9 \cdot \frac{42}{8} \cdot 10^3 + 42 \cdot 10^3)}{2,1 \cdot 10^3} = \frac{-(42 \cdot 9 + 42)}{2,1} =$$

$$= \frac{-42 \cdot 10}{2,1} = \frac{-42 \cdot 10}{2,1} = -200^\circ\text{C} \quad t_2 = \frac{-(\delta \lambda + c_B t_1)}{c_A} =$$

$$= \frac{-(\frac{1}{8} \cdot 336 \cdot 10^5 + 42 \cdot 10^3 \cdot 10)}{2,1 \cdot 10^3} = \frac{-(42 + 42)}{2,1} = \frac{-2 \cdot 42}{2,1} = \frac{-4 \cdot 21 \cdot 10}{2,1} =$$

$$2,1 \cdot 10^3$$

$$= -40^\circ\text{C}$$

Ответ: 1. $\delta = \frac{1}{8}$ 2. $t_2 = -40^\circ\text{C}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

З



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gT}{2}$$

$$\frac{g^2 T^2}{4} = \frac{gT}{2}$$

черновик



$$\begin{array}{r} 336 \overline{) 8} \\ -32 \\ \hline 16 \\ -16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{21}{10} \cdot 40 =$$

42

$$m_A \cdot t_2 + m_B \cdot t_1 + \lambda \cdot m \cdot \delta$$

$$c_A \cdot t_2 + c_B \cdot t_1 + \lambda \cdot \delta$$

$$2,1 \cdot 10^3 \cdot 40 + 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10 + 3,36 \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{8} \quad \text{J}$$

$$2,1 \cdot 40 + 4,2 \cdot 10 + 3,36 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{8}$$

$$84 \quad \overline{=} \quad 42 + 42$$