

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



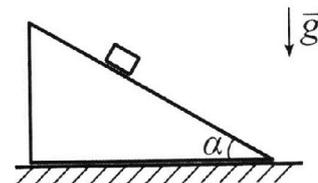
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь \vec{V}_0 – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t=T$.

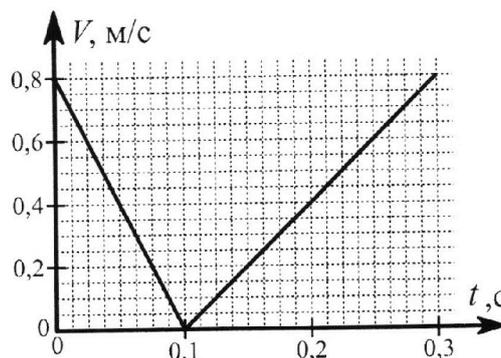
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

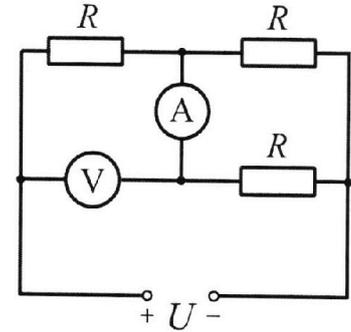


4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .

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.



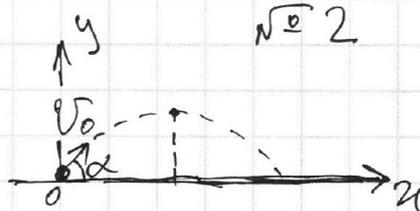
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 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!

дано:
 $v_{\max} = v = 2$
 v_{\min}
 $T = 4c$



v_0 - начальная скорость мяча (сразу после удара).
 α - под каким углом к горизонту мяч полетит сразу после удара.

$$v_y(t) = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \alpha$$

$$\Rightarrow v(t) = \sqrt{(v_y(t))^2 + (v_x(t))^2} = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2gt v_0 \sin \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2 - 2gt v_0 \sin \alpha}$$

Когда $v_y(t) = 0$, мяч временно перестанет двигаться вверх (он летит по параболе). Заметим, что подъем по параболе можно считать симметричным, $\Rightarrow T = 2t_1$, где $t_1 \leftarrow v_y(t_1) = 0$, и $t_1 \neq 0$.

$$t_1 g = v_0 \sin \alpha \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

Заметим, что $v_x(t) = \text{const}$, $\Rightarrow v_{\min}^2 = (v_x(t))^2 + (v_y(t))^2$, но \Rightarrow

$$v_{\min}^2 = (v_x(t))^2 \quad (v_y(t) \neq 0) \Rightarrow v_{\min} = v_0 \cos \alpha.$$

Тогда $v_{\max}^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_y(t))^2$, $\Rightarrow v_y(t) \rightarrow \text{max} \Rightarrow v_{\max}^2 =$

$$= v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha)^2$$

(т.к. очевидно, что в начале и в конце полета скорость мяча совпадает, а ~~из-за~~ из-за скорости v_y уменьшается от $v_0 \sin \alpha$ до 0).

$$\Rightarrow v_{\min} = v_0 \cos \alpha; v_{\max} = v_0 \Rightarrow n = \frac{v_0}{v_0 \cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} = 2.$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ.$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}. \quad n = y\left(\frac{T}{2}\right) \text{ (вершина параболы)}.$$



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!

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

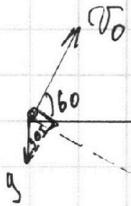
$$\Rightarrow T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T^2 = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} \Rightarrow H = \frac{T^2 \cdot g}{8}$$

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

$$x(t) = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow x_{\text{пр}} = v_0 \cos \alpha T$$

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

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



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

$$= \frac{g^2 T^2}{4 \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 16 \text{ c}^2 \cdot 2}{3} = \frac{320}{3} \text{ м} = 106 \frac{2}{3} \text{ м}$$

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

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



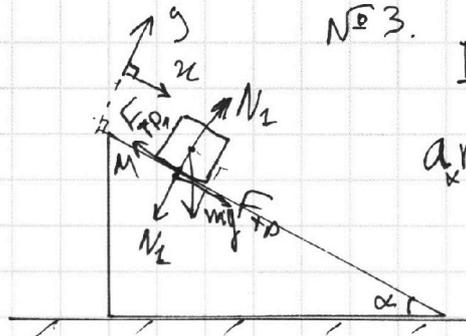
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:
 $m = 0,2 \text{ кг}$
 $M_{\text{ш}} = 2 \text{ м}$ (шарик катится).



№ 3.

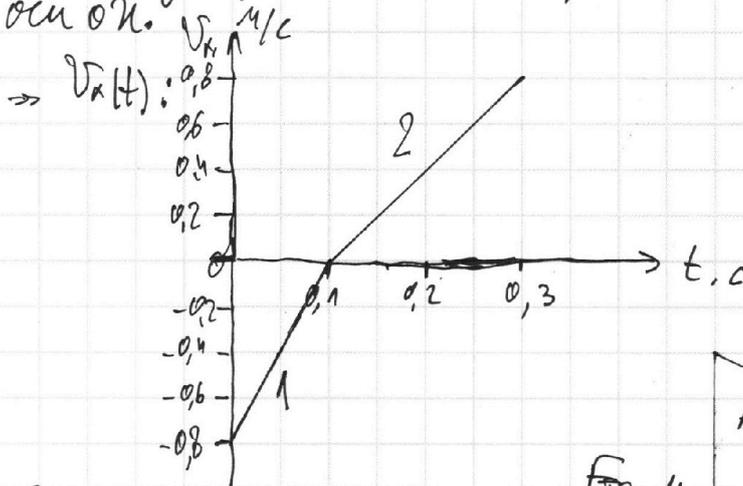
II 3-й Ч. для m на от:

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

a_x - ускорение шарика, направлено по оси OX .

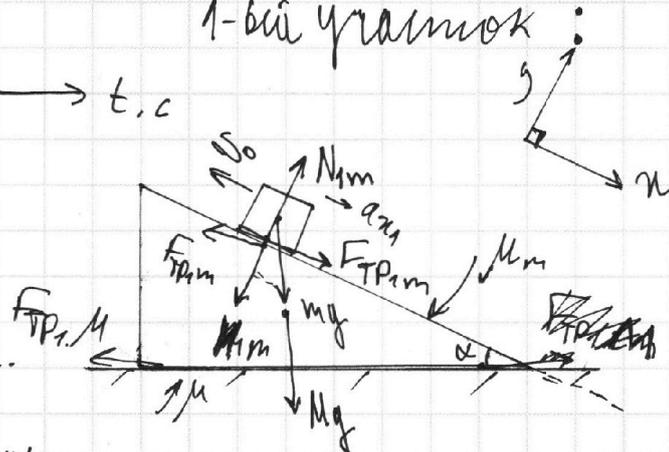
$$\Rightarrow a_x = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}}}{m}$$

Посмотрим на шарик. Имеем, что если бы шариком шарик двигался по оси OX "вниз", то её скорость бы увеличивалась монотонно, так как действующие на неё силы в процессе не менялись. Но шарик движения шарика не монотонен, поэтому изначальная скорость шарика направлена "вверх" по оси OX .



Рассмотрим отдельно 2 участка.

1-ый участок:



v_0 - начальная скорость шарика.

II 3-й Ч. на OX :

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

$$0 \cdot M = -F_{\text{тр}1, M} \cdot \cos \alpha + Mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}1m}$$

$$F_{\text{тр}1, m} = -F_{\text{тр}1, M} \cdot \cos \alpha + Mg \cdot \sin \alpha$$

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



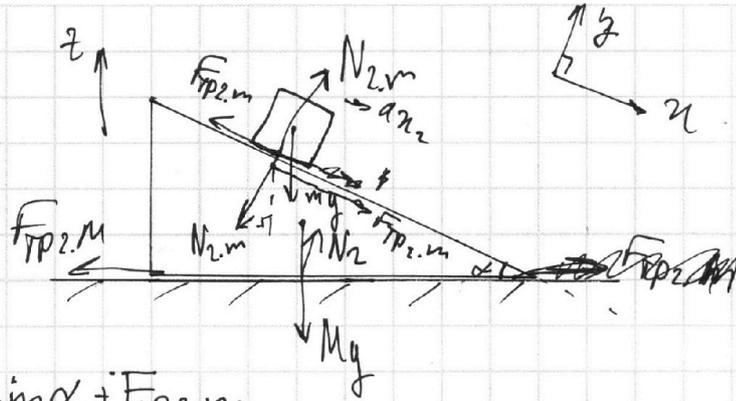
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:
 \pm 3-й ч. на ос:
 $a_{x2}m = mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}2.m}$
 $a_{x2} = g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}2.m}}{m}$



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

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

Заметим, что $F_{\text{тр}2.m} = F_{\text{тр}1.m} = \mu_m \cdot N_{2.m} = \mu_m \cdot N_{1.m}$ ($N_{1.m} = N_{2.m}$).

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

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

$\Rightarrow a_{x2} + a_{x1} = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_{x1} + a_{x2}}{2g} = \frac{12 \text{ м/с}^2}{10 \cdot 2 \text{ м/с}^2} =$

$= \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{3}{5}\right), \cos \alpha = \frac{4}{5}$

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

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

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

$\Rightarrow F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}2.M}, F_{\text{тр}2.m} = \mu_m m (g \sin \alpha - a_{x2})$

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

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

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

~~Ответ:~~



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 :

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

$$N_2 = m(g \sin \alpha - a_{x_2}) + m g \cdot \cos^2 \alpha + M_y$$

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

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

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

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

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{3,5 \text{ Н}}{6 \text{ Н}} = \frac{7}{12}$$

Ответ: 1. $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ 2. $F_{TP} = 3,5 \text{ Н}$ 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!

$\sqrt{5}$

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 . $t_k = 0^\circ\text{C}$.

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

$$m_A' = m_B \cdot \sigma + m_A \quad m_B' = m_B \cdot (1 - \sigma) \quad m_B - m_B' = m_B - m_B + m_B \sigma$$

~~$t_2 \cdot m_A t_2 = \dots$~~ лёд не будет таять, так как количество теплоты одновременно кристаллизации и таяния.

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

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

$$\begin{array}{r} 336 \overline{) 18} \\ -32 \quad \overline{) 42} \\ \hline 16 \\ -16 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

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

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

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

$$= \frac{-\frac{9}{8} \cdot 3,36 \cdot 10^5 - 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10}{2,1 \cdot 10^3} = -\left(\frac{9}{8} \cdot \frac{42}{10} \cdot 10^3 + 42 \cdot 10^3\right) = -\frac{(42 \cdot 9 + 42)}{2,1}$$

$$= \frac{-42 \cdot 10}{2,1} = \frac{-42 \cdot 100}{2,1} = -200^\circ\text{C} \quad t_2 = \frac{-(\sigma \lambda + c_B t_1)}{c_A} =$$

$$= \frac{-\left(\frac{1}{8} \cdot 3,36 \cdot 10^5 + 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10\right)^\circ\text{C} - (42 + 42)}{2,1} = \frac{-2 \cdot 42}{2,1} = \frac{-4 \cdot 21 \cdot 10}{2,1} =$$

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

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

Ответ: 1. $\sigma = \frac{1}{8}$ 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
<input type="checkbox"/>						

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!



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!

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

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

$$\frac{2 \frac{gT}{2}}{g} = \frac{gT}{g}$$

черновик

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

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

42

$$m_1 \cdot t_2 + m_2 \cdot t_1 + \lambda \cdot m \cdot \delta$$

$$m_1 \cdot t_2 + m_2 \cdot t_1 + \lambda \cdot \delta$$

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

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

$$84 \overline{) 42} + 42$$