



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



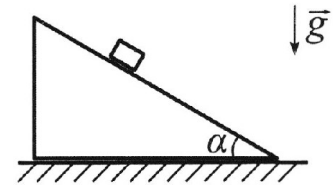
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t=T$.

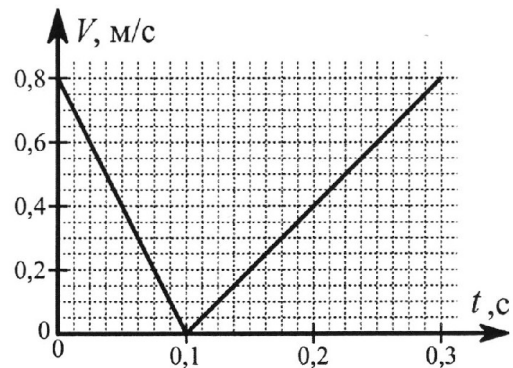
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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





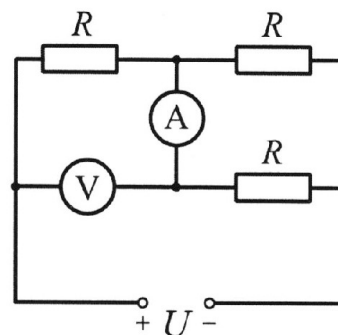
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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_V 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.



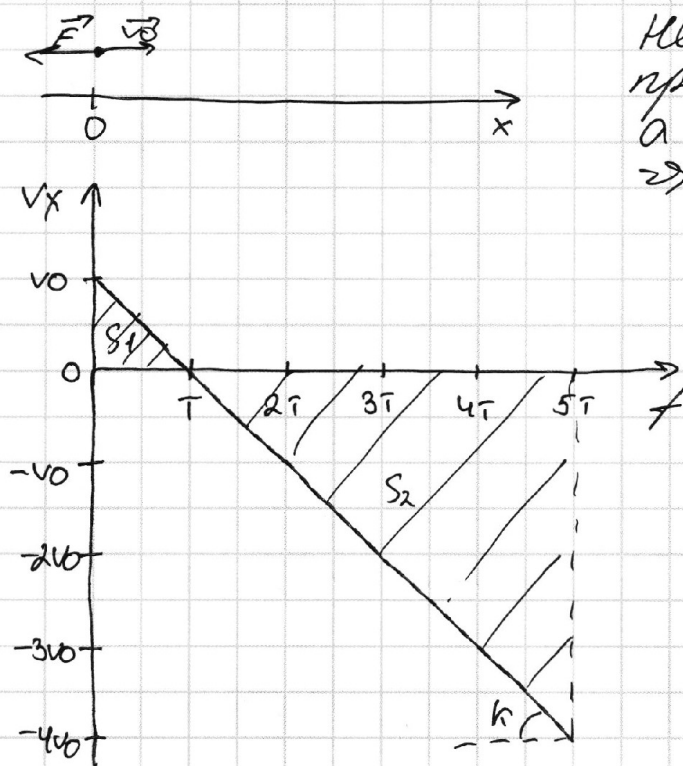
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

№1

Построим график $v_x(t)$, где ось направлена
изначально по направлению $\vec{v}_0$



На участке S_1 сила направ.
против движ-ия $\Rightarrow$ работа отриц.
а на участке S_2 по движ-ию
 $\Rightarrow$ работа положительн.
 $S = S_1 + S_2 =$

$$\begin{aligned} &= v_0 T \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot (5T - T) \cdot 4v_0 = \\ &= \frac{1}{2} v_0 T + \frac{4T \cdot 4v_0}{2} = \\ &= \frac{17}{2} v_0 T = 8,5 v_0 T = \\ &= \frac{17}{2} \cdot 4 \cdot 2 \text{ м} = \boxed{68 \text{ м} = S} \end{aligned}$$

$$k = - \frac{v_0 + 4v_0}{5T} = - \frac{v_0}{T} = - \frac{4}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$k = a_x \Rightarrow |a| = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = ma = 0,2 \cdot 2 \text{ Н} = \boxed{0,4 \text{ Н} = F}$$

$$A = -FS_1 + FS_2 = -F \cdot \frac{1}{2} v_0 T + F \cdot \frac{16}{2} v_0 T =$$

$$= \frac{15}{2} F \cdot v_0 T = \frac{15}{2} \cdot 0,4 \cdot 4 \cdot 2 = \boxed{24 \text{ Дж} = A}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S = 68 \text{ м}; F = 0,4 \text{ Н}; A = 24 \text{ Дж}}$$



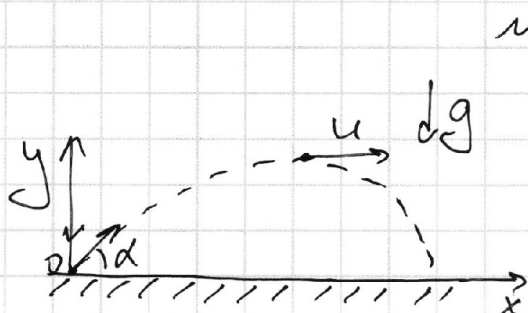
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$N2$ $\rightarrow$ время, когда мяч на $\max h$
т.к. $V_x = \text{const} \rightarrow$
 $\rightarrow v_{\max}$, когда $u_{y \max}$,
 $a_{v \min}$, когда $u_{y \min} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ минимальная скорость будет в наивысшей точке параболы полета мяча, а $v_{\max}$ будет либо в самом начале движения, либо в самом конце, ведь в начале полета и в конце скорости мяча одинаковы, исходя из 3с?

$$\frac{v_{\min}^2}{2} = \frac{v_{\max}^2}{2} \Rightarrow v_{\min} = v_{\max} \Rightarrow \frac{v}{u} = n = 2$$

$$v \cos \alpha = u \Rightarrow \frac{v}{v \cos \alpha} = 2 \Rightarrow \cos \alpha = 0,5 \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$v \sin \alpha = g t \Rightarrow v = \frac{g t}{\sin \alpha}$$

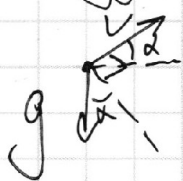
$$H = v \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = \frac{g t^2}{2}$$

а исходя из симметрии параболы $\Rightarrow$
 $\Rightarrow t = \frac{T}{2} \Rightarrow H = \frac{g}{2} \left(\frac{T}{2}\right)^2 = \frac{10}{2} \cdot \frac{16}{4} \text{ м} = 20 \text{ м} = H$

$$S = v \cos \alpha T = \frac{g t}{\sin \alpha} \cos \alpha T = \frac{g T}{2} \cdot T \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{10 \cdot 4}{2} \cdot 4 \cdot \frac{\cos 60^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 2}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м} = S$$

$\times$ радиус по мячу



$$a_n = g \cos \alpha \Rightarrow R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{g t^2}{\sin \alpha \cdot g \cos \alpha} =$$

$$= \frac{g T^2}{g \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 16}{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{40 \cdot 8}{\frac{\sqrt{3}}{4}} = \frac{320}{\sqrt{3}} \text{ м} = R$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $S = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$; $R = \frac{320}{\sqrt{3}} \text{ м}$



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!

№3.

т.к. движение шайбы происходит по одной и той же траектории во время всего движения шайбы покоится
т.к. график скорости сначала убывает, а потом возрастает $\Rightarrow$ шайба толкнули вверх по склону, она остановилась и поехала вниз.

подъем вверх:

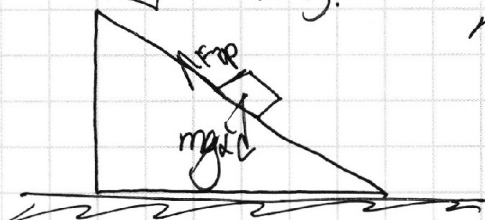


$$ma_1 = mgsin\alpha + F_{тр} \quad (1)$$

$$a_1 = k_1$$

$$k_1 = a_1 = \frac{0,8 \text{ м}}{0,1 \text{ с}^2} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

спуск вниз:



$$ma_2 = mgsin\alpha - F_{тр} \quad (2)$$

$$a_2 = k_2$$

$$k_2 = a_2 = \frac{0,8 \text{ м}}{0,3^2 \text{ с}^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(1) + (2):

$$m(a_1 + a_2) = 2mgsin\alpha + F_{тр} - F_{тр} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{4 + 8}{2 \cdot 10} = \boxed{0,6 = \sin\alpha}$$

$$ma_1 = mgsin\alpha + F_{тр} \Rightarrow F_{тр} = m(a_1 - gsin\alpha) =$$

$$= 0,2 \cdot (8 - 10 \cdot 0,6) = 0,2 \cdot 2 \text{ Н} = \boxed{0,4 \text{ Н} = F_{тр}}$$

$$N = mg\cos\alpha = mg\sqrt{1 - \sin^2\alpha} = 0,2 \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - 0,6^2} \text{ Н} =$$

$$= 2 \cdot 0,8 \text{ Н} = \boxed{1,6 \text{ Н} = N}$$



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.

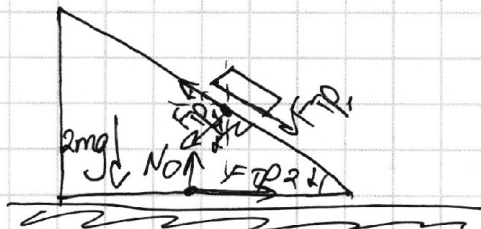


СТРАНИЦА

2 из 3

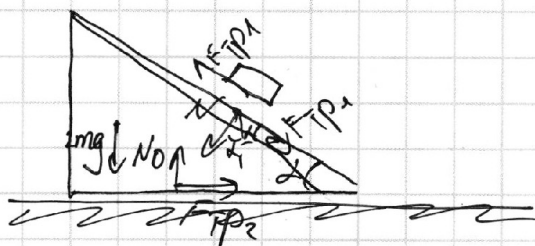
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

4 силы на клин, когда шайба поднимается вверх



$$\begin{aligned} F_{тр2} &= N \sin \alpha + F_{тр} \cos \alpha = \\ &= (16 \cdot 0,6 + 0,4 \cdot \sqrt{1-0,6^2}) H = \\ &= (16 \cdot 0,6 + 0,4 \cdot 0,8) H = (0,96 + 0,32) H = \\ &= 1,28 H = F_{тр2} \end{aligned}$$

4 силы на клин, когда шайба спускается вниз:



$$\begin{aligned} F_{тр2} &= N \sin \alpha - F_{тр} \cos \alpha = \\ &= (16 \cdot 0,6 - 0,4 \cdot \sqrt{1-0,6^2}) H = \\ &= (16 \cdot 0,6 - 0,4 \cdot 0,8) H = \\ &= (0,96 - 0,32) H = 0,64 H = F_{тр2} \end{aligned}$$

$$F_{тр2 \max} = F_{тр} = 1,28 H$$

когда шайба поднимается вверх:

$$N_0 + F_{тр} \sin \alpha = 2mg + N \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow N_0 &= 2mg + N \cos \alpha - F_{тр} \sin \alpha = \\ &= (2 \cdot 10 \cdot 0,2 + 16 \cdot \sqrt{1-0,6^2} - 0,4 \cdot 0,6) H = \\ &= (4 + 1,28 - 0,24) H = 5,04 H = N_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{тр2} \leq \mu N_0 \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{тр2}}{N_0} &= \frac{1,28}{5,04} = \frac{16}{63} \Rightarrow \\ \Rightarrow \mu \geq \frac{16}{63} \end{aligned}$$



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!

когда шайба спускается вниз.

$$N_0 = 2mg + N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha = (2 \cdot 0,2 \cdot 10 + 1,6 \cdot \sqrt{1-0,6^2} + 0,4 \cdot 0,6) \text{ Н} \\ = (4 + 1,28 + 0,24) \text{ Н} = 5,52 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N_0 \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N_0} = \frac{0,64}{5,52} = \frac{16}{138} \approx 0,116 \Rightarrow \mu \geq \frac{8}{69}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{8}{69}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu \geq \frac{8}{69} \\ \mu \geq \frac{16}{63} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{\mu \geq \frac{16}{63}}$$

$$\boxed{\text{ответ: } \sin \alpha = 0,6; F_{\text{тр}} = 1,28 \text{ Н}; \mu \geq \frac{16}{63}}$$

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
☒

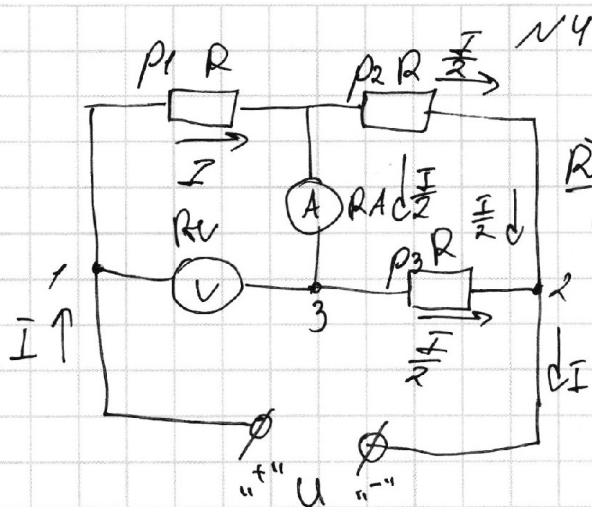
5
☐

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!



Учитывая что $R_V \gg R$,
 $R_V \gg R \Rightarrow R_A$ $R_V \gg R \gg R_A$, рас-
ставим токи на схеме.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = IR + \frac{I}{2}R = \frac{3}{2}IR \Rightarrow I = \frac{2}{3} \frac{U}{R} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{80}{100} A = \frac{2}{10} A = \boxed{0,2 A = I}$$

$$U_V = IR = \varphi_1 - \varphi_3 \Rightarrow U_V = IR = 0,2 \cdot 100 B = \boxed{20 B = U_V}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = I^2 R + \frac{I^2}{4} R + \frac{I^2}{4} R = \frac{3}{2} I^2 R =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 100 B_T = \frac{3}{2} \cdot 2 B_T = \boxed{6 B_T = P}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } I = 0,2 A; U_V = 20 B; P = 6 B_T}$$



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!

$$t_2 = (0 - 20 - \frac{336000}{8 \cdot 2100})^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow t_2 = (0 - 20 - 20)^\circ\text{C} = -40^\circ\text{C}$$

$$\frac{336000}{8 \cdot 2100} = 20$$

$$8 \cdot 2100$$

$$\begin{array}{r} 2 \cdot 4 \\ 7 \\ 1 \end{array}$$

Ответ: $\delta = 0,125$; $t_2 = -40^\circ\text{C}$



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.



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!

N5

m_b, t_1, c_b
m_d, t_2, c_d

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

m - масса воды, которая превращается в лёд

$$Q_b = c_b m_b (t_1 - t_0)$$

$$Q_d = c_d m_d (t_0 - t_2) + \lambda m$$

$$\begin{cases} c_b m_b (t_1 - t_0) + \lambda m = c_d m_d (t_0 - t_2) \\ m_b = m_d \\ n = \frac{m_d + m}{m_b - m} \end{cases}$$

$$n = \frac{m_d + m}{m_b - m} = \frac{m_b + m}{m_b - m} \Rightarrow m_b(n-1) = m$$

$$n = \frac{m_d + m}{m_b - m} = \frac{m_b + m}{m_b - m} \Rightarrow n m_b - n m = m_b + m$$

$$m_b(n-1) = m(n+1) \Rightarrow m = m_b \frac{n-1}{n+1}$$

$$\delta = \frac{m}{m_b} = \frac{n-1}{n+1} = \frac{\frac{9}{7}-1}{\frac{9}{7}+1} = \frac{9-8}{9+7} = \frac{2}{16} = \boxed{\frac{1}{8} = 0.125}$$

$$c_b m_b (t_1 - t_0) + \lambda m = c_d m_d (t_0 - t_2)$$

$$c_b m_b (t_1 - t_0) + \lambda \frac{n-1}{n+1} m_b = c_d m_b (t_0 - t_2)$$

$$c_d t_2 = c_d t_0 - c_b (t_1 - t_0) - \lambda \frac{n-1}{n+1}$$

$$t_2 = t_0 - \frac{c_b (t_1 - t_0) - \lambda \frac{n-1}{n+1}}{c_d}$$

$$t_2 = (0 - \frac{4200 \cdot (10 - 0) - 3360000 \cdot \frac{1}{8}}{2100})^\circ\text{C}$$



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!

$$U = \frac{v^2 - u^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha = \frac{9 \cdot 4^2}{2 \cdot 9} = \frac{9 \cdot 16}{18} = 8 \text{ м.}$$
$$\frac{1125}{875} = \frac{225}{175} = \frac{45}{35} = \frac{9}{7}$$



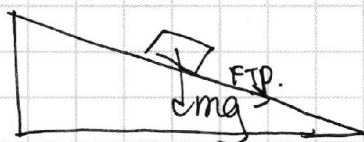
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

$$128 \overline{) 504}$$



$$\begin{array}{r} 1280 \\ - 1008 \\ \hline 2720 \\ - 2520 \\ \hline 2000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1504 \\ \hline 0,25 \end{array}$$

$$1,04 + 4 = 5,04.$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 46 \\ \hline 0,8 \\ \hline 1,28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 128 \\ 504. \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,6 \\ \times 0,6 \\ \hline 0,96 \end{array}$$

$$\frac{128}{504} = \frac{64}{252} = \frac{32}{126} = \frac{16}{63}$$

$$\frac{16}{63}$$

$$0,4 \cdot 0,8 = 0,32$$

$$\begin{array}{r} 0,96 \\ + 0,32 \\ \hline 1,28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \quad 32 \quad 16 \\ \hline 504 = \frac{8}{63} \\ 276 \\ 188 \\ 69 \end{array}$$

$$v^2 = u^2 + 2gh.$$

$$u = \frac{v^2 - u^2}{2g}$$

$$v = \frac{u^2}{\cos^2 \alpha} = \frac{u^2}{2g} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 \right) =$$