

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 $t = T$.

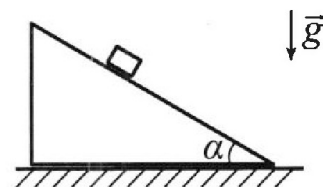
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{v_{MAX}}{v_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

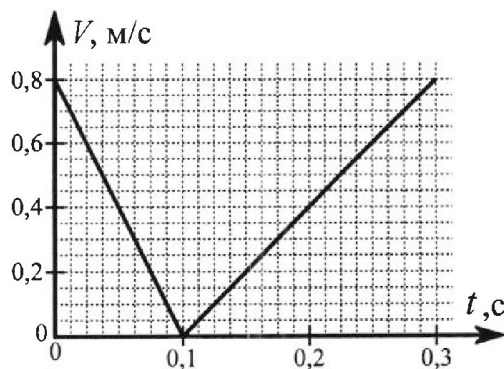
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до 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?





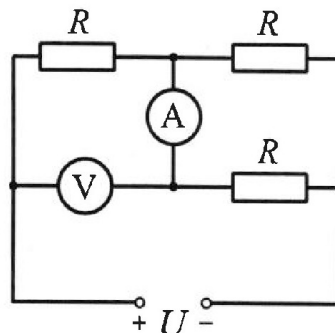
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

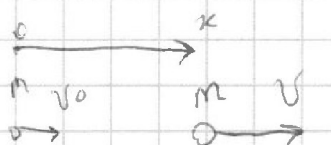


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$v = v_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

Определим зависимость $x(t)$.

$$dx = v dt = v_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) dt$$

Пропишем. $x_{\text{нач}} = 0$ $x_{\text{кон}} = x$ $t_{\text{нач}} = 0$ $t_{\text{кон}} = t$

$$\int_0^x dx = \int_0^t v_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) dt$$

$$x = \int_0^t v_0 dt - \int_0^t \frac{v_0}{T} t dt = v_0 t - \frac{v_0 t^2}{2T}$$

Видно, что это параболич. функ. со скор. v_0 и ускор. $= a = -\frac{v_0}{T}$ против см. $x(4T) = 4v_0 T - \frac{16v_0 T^2}{2T} = -4v_0 T$

Определим через какое время тело см. $= t_{\text{см}}$

$$t_{\text{см}} = \frac{v_0}{v_0/T} = T \quad \text{Найдем путь } S$$

$$4T > T \Rightarrow \quad \begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ x(4T) \quad 0 \quad x_{\text{перс}} \end{array} \quad S = 2x_{\text{перс}} - x(4T)$$

(из-за равенств.) $x_{\text{перс}} = \frac{v_0^2}{2v_0/T} = \frac{v_0 T}{2} \Rightarrow S = 5v_0 T = 40 \text{ м}$
Ответ

Тб 23.4.

$$m \vec{a} = \sum \vec{F}_i \Rightarrow \text{В этом случае } m a = F \quad F = m a = \frac{m v_0}{T} =$$

Ответ $= 0,4 \text{ Н}$



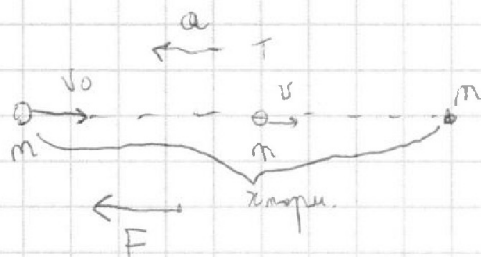
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



За время T тело ост. и пройдет $x_{\text{торм}} = \frac{v_0 T}{2}$

$$A = (\vec{F} \cdot \vec{x}_{\text{торм}}) \quad \vec{x}_{\text{торм}} - \text{вектор перемещ.}$$

В данном случае.

$$A = F \cdot x_{\text{торм}} \cdot \cos 180^\circ = - \frac{m v_0}{T} \cdot \frac{v_0 T}{2} = - \frac{m v_0^2}{2} =$$

$$= - \frac{0,2 \cdot 16}{2} = -1,6 \text{ Дж} \quad \text{Ответ}$$



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
☐

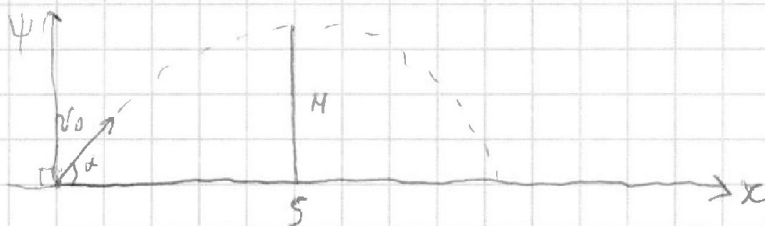
7
☐

СТРАНИЦА
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!

v_0 - нач. скорость мяча

α - угол между нач. скор. и гориз.



На гориз. ось проекции внешних сил равны нулю для тела.

$\Rightarrow$ проекция ускор. на гориз. ось $= 0 \Rightarrow$ гориз. проекция

скорости искр. $= v_0 \cos \alpha$

$\Rightarrow v_{\min} = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 0} = v_0 \cos \alpha$ При мин. верт. проекц. $= 0$

α так скор. будет при макс. верт. проекции, то есть

в наивысших точках траект. $v_{\max} = v_0$
(начат. скор. искр.)

$$\Rightarrow n = \frac{1}{\cos \alpha} \quad \cos \alpha = \frac{1}{n} = \frac{1}{2} \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Восп. времени схода ψ .

$$\Rightarrow T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \quad v_0 = \frac{g T}{2 \sin \alpha} = \frac{g T}{\sqrt{3}}$$

Рассчит. движ. по оси ψ . В наивысш. м. $v_{\psi} = 0$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 0^2}{2g} = H = \frac{g T^2}{8} \cdot \frac{3}{8g} = \frac{g T^2}{8} = \frac{10 \cdot 16}{8} =$$

$$g \psi = \text{const} = g$$

$$\text{Ответ} = 20 \text{ м}$$



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
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!

По оси x движение равно.

$$\Rightarrow S = g V_0 T \cos \alpha = \frac{g T}{\sqrt{3}} \cdot T \cdot \frac{1}{2} = \frac{g T^2}{2\sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 16}{2\sqrt{3}} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

В нач. траектории. a_y — центрострем. ускор.

$$a_y = g_y = g \cos \alpha$$

Р. Движение со скор. V_0 , ускор. центр.

$$= g \cos \alpha \text{ и ун. траект. скр. } = R.$$

$$\Rightarrow \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} = R \quad \frac{V_0^2}{R} = g \cos \alpha$$

$$R = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} = \frac{g T^2}{3} \cdot \frac{2}{g} = \frac{2 g T^2}{3} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 16}{3} = \frac{320}{3} \text{ м}$$

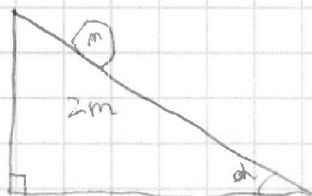


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



v_0 - нач. скор. m

μ' - коэф. тр. клина и m .

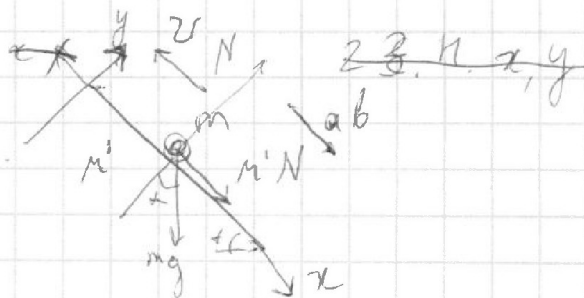
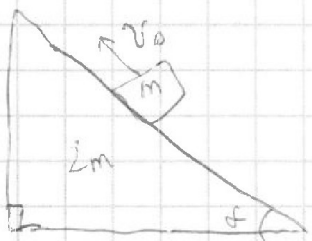
Если v_0 направл. $\downarrow$ вниз, то установка и данн. физик. небезуп. $\Rightarrow v_0$ напр. $\uparrow$ вверх.

Из ур. сказано, что клин покоится и имеет нач. скор. 0
 $\Rightarrow$ ак неподв.

v_0 из ур. = 0,8 м/с

a_b - ускор., когда α тело подним.

a_n - спуск.



Зан. 2 2 3, и на x, y .

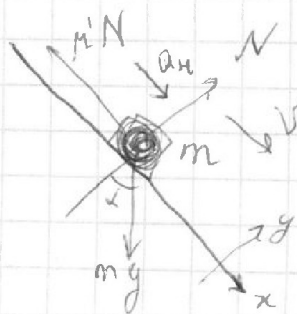
$$\begin{cases} \mu' N + mg \sin \alpha = m a_b \\ N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow a_b = g(\sin \alpha + \mu' \cos \alpha)$$

Зан. аналогич. ур.

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - \mu' N = m a_n \\ N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow a_n = g(\sin \alpha - \mu' \cos \alpha)$$





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
☐

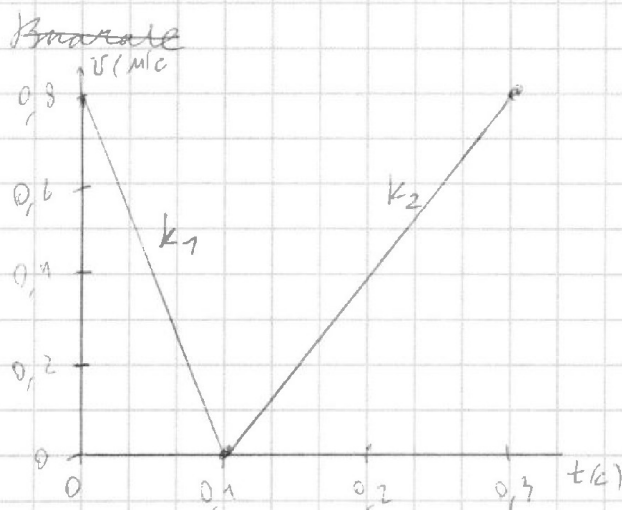
6
☐

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!

$$a_b \text{ и } a_n = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \text{они равны 1 к радиана}$$



Вначале тело скатилось вниз, потом пошел вверх.

$$\Rightarrow |k_1| = a_b \quad |k_2| = a_n$$

$$a_b = \frac{0.8}{0.1} = 8 \text{ м/с}^2$$

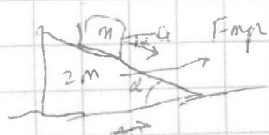
$$a_n = \frac{0.8}{0.2} = 4 \text{ м/с}^2$$

Заметим, что $\frac{a_b + a_n}{2} = g \sin \alpha$

ответ

$$\Rightarrow 6 \text{ м/с}^2 = 10 \text{ м/с}^2 \cdot \sin \alpha \quad \sin \alpha = 0.6 \quad \cos \alpha = 0.8$$

Рассмотрим сил. клин + m на гориз. ось проекц.



имеет только F_{np} (из внешнего)
Зан. 23 и делаем на гор. ось
 $\Rightarrow m a \cos \alpha = F_{np}$

$$\Rightarrow F_{np} \text{ max, когда } a \text{ max} \Rightarrow a = 8 \text{ м/с}^2$$



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 ☐

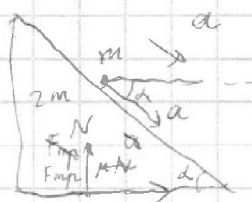
СТРАНИЦА
3 из 3

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!

$$F_{\text{тр max}} = 0,2 \cdot 8 \cdot 0,8 = 0,2 \cdot 6,4 = 1,28 \text{ Н Ответ}$$

Взяли какой max μ нужен.

Дан, m гбл. сущ. a . Всп. сист клин + m .



Зан для нее 23,4. на гор.

и берем ось, и ось для $F_{\text{тр}}$

$$\begin{cases} ma \cos \alpha = F_{\text{тр}} \\ ma \sin \alpha = 3mg - N \\ \mu N \geq F_{\text{тр}} \end{cases}$$

$$N = m(3g - a \sin \alpha)$$

$$F_{\text{тр}} = m a \cos \alpha$$

$$\Rightarrow 3\mu g - \mu a \sin \alpha \geq a \cos \alpha$$

$$\text{Далее } \mu \geq \frac{a \cos \alpha}{3g - \mu a \sin \alpha}$$

$$\text{Рассмотрим, чему max равно } \frac{a \cos \alpha}{3g - a \sin \alpha}$$

Она max, μ и a - max

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{8 \cdot 0,8}{30 - 8 \cdot 0,6}$$

$$\mu \geq \frac{6,4}{25,2} \approx \frac{32}{126}$$

$$252 \overline{) 64} \quad \frac{32}{126} = \frac{16}{63}$$

$$\mu \geq \frac{16}{63} \text{ Ответ}$$

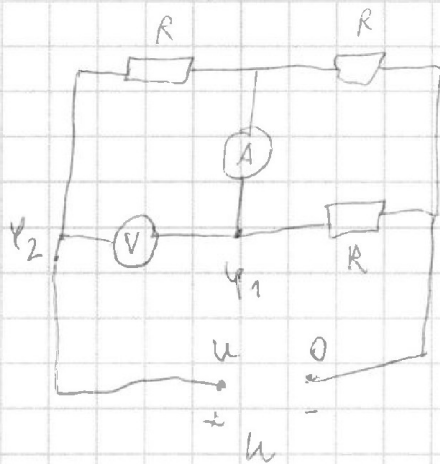


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



R_v - сопр. вольтм.

R_A - сопр. амперм.

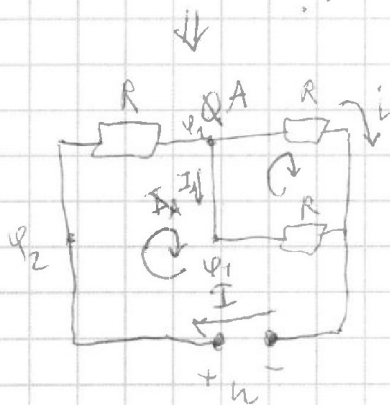
U_B - показ. вольтм.

I_A - показ. амперм.

φ_1, φ_2 - потенциалы

$R_v \gg R$ и $R_A \ll R \Rightarrow \textcircled{V}$ и $\textcircled{A}$ - идеальные

$\Rightarrow$ можно $\textcircled{V}$ заменить на разрыв цепи, $\textcircled{A}$ - на перем.



i - ток, тек. в через верх. пр. R

Запишем пров. Кирхгофа для узла A и вокруг конт.

$$\begin{cases} I_A + i = I \\ iR - I_A R = 0 \Rightarrow I_A = i \\ IR + I_A R = U \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2I_A = I \quad I_A = \frac{I}{2}$$

$$R \left(I + \frac{I}{2} \right) = U \quad I = \frac{2U}{3R} = 0,2 \text{ A Ампер}$$

Ке будет показ. поднимет. $\textcircled{V}$ деп. он показ. разд. разн.

$U_B = |\varphi_2 - \varphi_1|$ Потенц. по всей перем. цепи $\Rightarrow \varphi_2 = U$
Зап. закон Ома для лев. R. $\varphi_2 - \varphi_1 = IR = \frac{2}{3}U = \frac{2}{3} \cdot 3 \text{ В} = 2 \text{ В} = U_B$
Ампер



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!

$$P = \sum_i P_{zi}$$

P_{zi} - мощность выдел. на каждом зл.

Их колич. = 3

$$P_{zi} = U_{zi} I_{zi} = I_{zi}^2 R_{zi}$$

P_{zi} на ветвлении = 0, т.к. ток не течёт через него.

P_{zi} на амперметре = 0, т.к. напр. на нём = 0

$$\Rightarrow P = I^2 R + i^2 R + I_A^2 R = R \left(I^2 + \frac{I^2}{4} + \frac{I^2}{4} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} I^2 R = \frac{3}{2} \cdot \frac{24 U^2}{38 R^2} R = \frac{2 U^2}{3 R} = \frac{2 \cdot 900}{3 \cdot 100} = 6 \text{ Вт}$$

Ember



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!

m - нач. масса воды / льда

m_b - кон. масса воды Δm - масса воды превратившейся в лёд

m_l - кон. масса льда

из условия $\frac{m_l}{m_b} = n \quad m_l = n m_b$

Зап. ур. сохр. массы

$$\begin{array}{r} 336 \overline{) 8} \\ 32 \overline{) 84} \\ 16 \overline{) 16} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 840 \overline{) 21} \\ 84 \overline{) 210} \\ 0 \end{array}$$

$$2m = m_b + m_l$$

$$2m = (n+1) m_b$$

$$m_b = m \frac{2}{n+1}$$

Ур. сохр. массы воды

$$\Delta m + m = m_b + \Delta m$$

$$\Delta m = m - m_b = m \left(1 - \frac{2}{n+1} \right) = m \frac{n-1}{n+1}$$

$$\delta = \frac{\Delta m}{2m} = \frac{n-1}{2(n+1)} = \frac{2/7}{2 \cdot (10/7)} = \frac{1}{10}$$

Запишем УТД ЛД В конце доли льда и вода $\Rightarrow$

конечная темпер. $= 0^\circ = t_0 = 0^\circ$

$$m c_b (t_0 - t_1) - \Delta m \lambda + m c_l (t_0 - t_2) = 0$$

$$m c_b (t_0 - t_1) - m \frac{n-1}{n+1} \lambda + m c_l (t_0 - t_2) = 0$$

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

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

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

$$\text{Ответ} = - \frac{3,36 \cdot 10^3 \cdot 2 + 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10}{2,1 \cdot 10^3} = -40^\circ \text{C}$$



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
☐

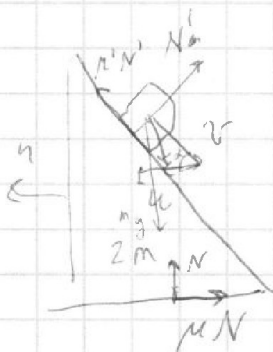
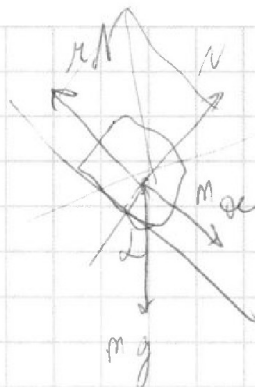
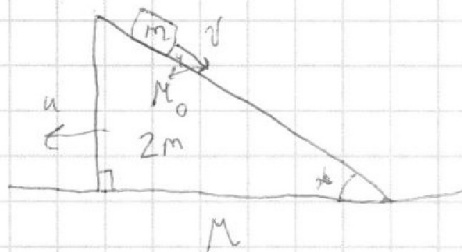
5
☐

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!



$$2m\alpha = m(v \cos \alpha - u)$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{3}$$



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!

