

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

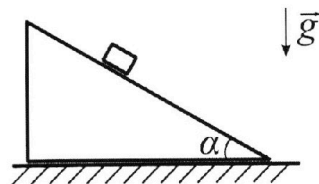
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

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

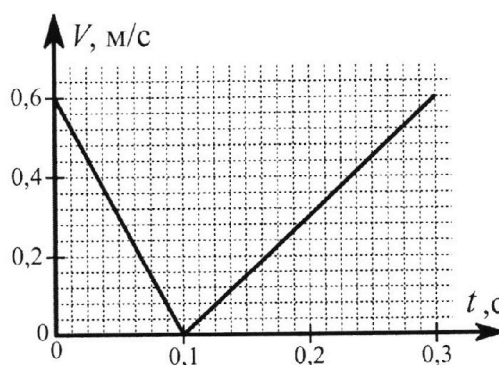
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

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 $m = 0,4$ кг, масса клина $1,5m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



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





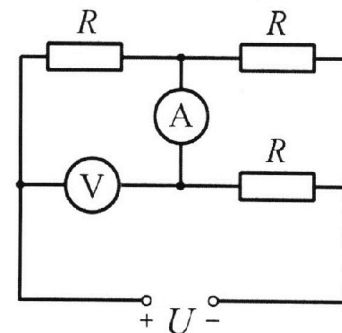
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 200$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 120$ 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 I_A амперметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при неизвестной температуре t_1 °С, помещают лед, температура которого $t_2 = -20$ °С. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы воды к массе льда $n = 11/9$.

1. Найдите долю δ массы льда, превратившейся в воду.

2. Найдите начальную температуру t_1 воды калориметре.

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 1

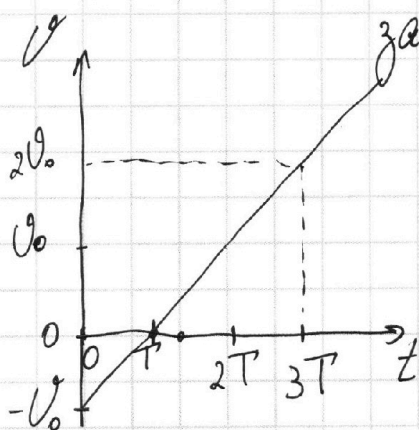
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m = 0,4 \text{ кг} \quad T = 4 \text{ с} \quad \vec{v}_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right) = t \frac{\vec{v}_0}{T} - \vec{v}_0$$

зависимость вида $y = kx + b$

зависимость линейная



$$\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v}_0$$

← общая формула

$$\vec{v} = \frac{\vec{v}_0}{T}t - \vec{v}_0$$

← видно, что наша зависимость

$$\vec{a}_0 = \frac{\vec{v}_0}{T}$$

← ускорение тела

$$a_0 = \frac{v_0}{T} = \frac{2 \text{ м}}{4 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

перемещение тела

$$S = \frac{\vec{v}_0 T + 2\vec{v}_0 \cdot 2T}{2} = \frac{-v_0 \cdot 3T + \frac{a_0 \cdot 9T^2}{2}}{2}$$

$$= 2,5v_0 T = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ м}$$

$$= -v_0 \cdot 3T + \frac{v_0 \cdot 9T^2}{T \cdot 2} = 3v_0 T \left(\frac{3}{2} - 1 \right) = 1,5v_0 T = \frac{3 \cdot 2 \cdot 4}{2} = 12 \text{ м}$$

1) Ответ: ~~20 м~~

$$F = ma_0 = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ Н}$$

$$A = F \cdot l = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ Дж}$$

2) Ответ: 0,2 Н

3) Ответ: 2,4 Дж.

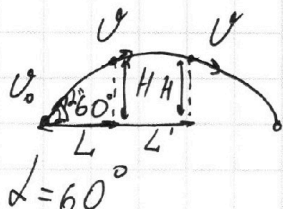


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
12 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!



U_0 - начальная скорость камня

U - скорость в мом. вр. T

$U_0 = 2U$ (по условию)

$$H = U_0 \sin \alpha T - \frac{g T^2}{2}$$

$$U(t) = \sqrt{(U_0 \cos \alpha)^2 + (U_0 \sin \alpha - g t)^2}$$

$$U^2 = 4U^2 \cos^2 \alpha + 4U^2 \sin^2 \alpha - 4U \sin \alpha g T + g^2 T^2$$

$$U_0^2 = 4U^2 - 4U \sin \alpha g T + g^2 T^2$$

$$U_{1,2} = \frac{U_0 + 4 \sin \alpha g T \pm \sqrt{16 \sin^2 \alpha g^2 T^2 - 4 \cdot 3 \cdot g^2 T^2}}{2} =$$

$$= \frac{4 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 \cdot 2 \pm \sqrt{16 \cdot \frac{3}{4} \cdot 100 \cdot 4 - 12 \cdot 100 \cdot 4}}{2} =$$

$D=0 \Rightarrow$
Точка в которой $U = \frac{U_0}{2}$ только одна

$$= \frac{40\sqrt{3} \pm 0}{2 \cdot 3} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$U = \frac{20\sqrt{3}}{3}$$

$$H = U_0 \sin \alpha T - \frac{g T^2}{2} = \frac{40\sqrt{3}}{3}$$

$$= \frac{40\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \cdot 4}{2} = 40 - 20 = 20 \text{ м}$$

1) Ответ: 20 м.

2) Ответ: $20\sqrt{5}$ м.

$$R = \sqrt{L^2 + H^2} = \sqrt{U_0^2 \cos^2 \alpha T^2 + H^2} = \sqrt{100 \cdot 3 \cdot 4 + 400} = \sqrt{400 \cdot 5} = 20\sqrt{5}$$



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
☐

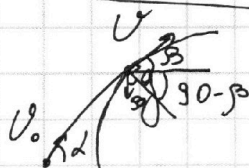
7
☐

СТРАНИЦА
2 ~~3~~ 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!

$$|\vec{r}| = \sqrt{L^2 + H^2} = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha T^2 + H^2} = \sqrt{\frac{1600 \cdot 8}{83} \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 + 400} =$$
$$L = V_0 \cos \alpha T$$
$$= \sqrt{400 \left(\frac{4}{3} + 1 \right)} = \underline{\underline{20\sqrt{\frac{7}{3}}}}$$

2) Ответ: $20\sqrt{\frac{7}{3}}$ м.



примерная кривая траектории

$$a_{\text{ц}} = g \cos \beta = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{g \cos \beta}$$

центростремительное ускор. камня

~~$$g \cos \beta = \frac{V_0 \sin \alpha \cdot g}{V_0 \cos \alpha}$$~~

~~$$\cos \beta = \frac{V_0 \cos \alpha}{V}$$~~

~~$$\frac{400}{83}$$~~

~~$$R = \frac{V^2}{g \cos \beta} = \frac{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha - g T^2}{g \cos \beta}$$~~

~~$$= \frac{20\sqrt{\frac{7}{3}} \cdot 8 \cdot 2}{8 \cdot 10 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{1600 \cdot 8 \cdot 2}{83 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{400 \cdot 8 \cdot 2}{83 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{40 \cdot 8 \cdot 2}{83 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 2}{83 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{32}{83 \cdot 40\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{4}{83 \cdot 5\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{4}{415\sqrt{\frac{7}{3}}}$$~~

~~$$\frac{400}{83} = \frac{20\sqrt{\frac{7}{3}}}{10\sqrt{\frac{7}{3}}} = \frac{20}{10} = 2$$~~

3) Ответ: $13\frac{1}{3}$ м.

$$\cos \beta = \frac{V_0 \cos \alpha}{V} = 2 \cos \alpha$$

$$R = \frac{V^2}{2g \cos \alpha} = \frac{400 \cdot 8 \cdot 2}{3 \cdot 8 \cdot 2 + 0} = \frac{40}{3} = 13\frac{1}{3} \text{ м}$$



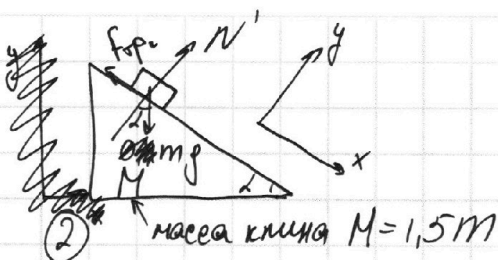
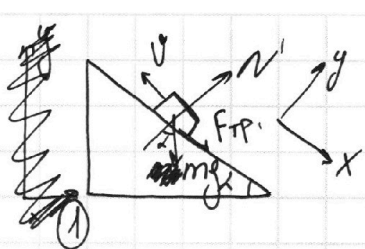
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

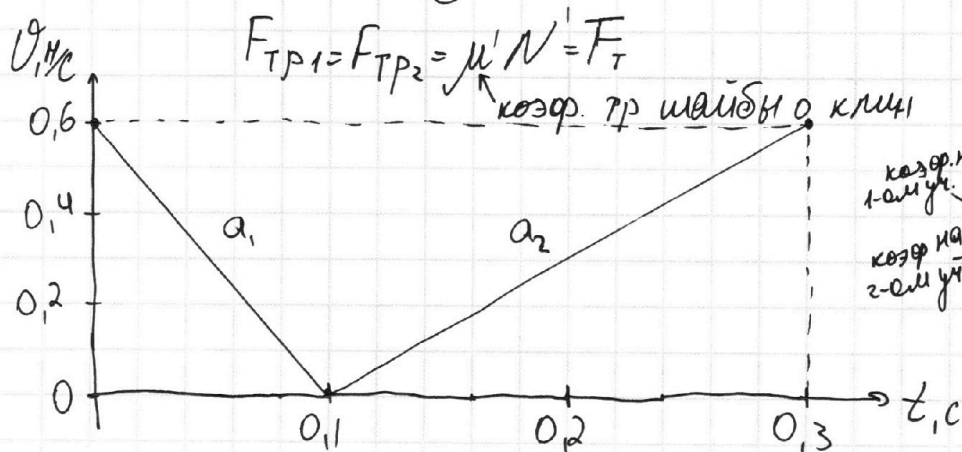
1 из 3

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!



$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$M = 1,5m = 0,6 \text{ кг}$$



коэф. на ш графика
1-ой уч. $k_1 = a_1 = \frac{0,6}{0,1} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
коэф. на ш графика
2-ой уч. $k_2 = a_2 = \frac{0,6}{0,2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$1) y: N' = mg \cos \alpha$$

$$F_T = \mu' N' = \mu' mg \cos \alpha$$

$$1) x: ma_1 = F_T + mg \sin \alpha$$

$$a_1 = \mu' g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a_1 = g(\mu' \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$2) y: N' = mg \cos \alpha$$

$$F_T = \mu' N' = \mu' mg \cos \alpha$$

$$2) x: ma_2 = mg \sin \alpha - F_T$$

$$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu' mg \cos \alpha$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu' \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$1) \text{ Ответ: } \sin \alpha = \frac{g}{20}$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{3 + 6}{2 \cdot 10} = \frac{9}{20}$$

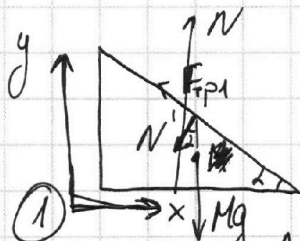


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$N = Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha$$

$$N' = m g \cos \alpha$$

$$-g \sin \alpha + a_1 = \mu' g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$F_T = \mu' m g \cos \alpha =$$

$$= m (a_1 - g \sin \alpha)$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{400 - 18}{400}} = \sqrt{\frac{382}{400}} = \sqrt{\frac{95,5}{100}} = \sqrt{\frac{19,1}{20}}$$

$$N = 1,5 m g + m g \cos^2 \alpha - m (a_1 - g \sin \alpha) =$$

$$= m (1,5 g + g (1 - \sin^2 \alpha) - a_1 + g \sin \alpha)$$

$$N = 0,4 \left(15 + 10 \cdot \frac{19,1}{20} - 3 + 10 \cdot \frac{9}{20} \right) =$$

$$= 0,4 (15 + 9,55 - 3 + 4,5) = 0,4 \cdot 26,05 = \underline{\underline{10,42 \text{ Н}}}$$

2) Ответ: 10,42 Н.

$$\mu N > |F_x|$$

~~N_2~~

$$N_2 = Mg + N' \cos \alpha + F_T \sin \alpha$$

сила реакции опоры на клин, когда груз ускоренно идет вниз (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 ☐

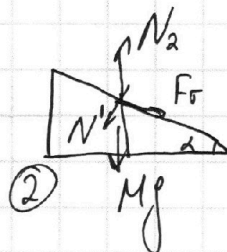
СТРАНИЦА
38 из 3

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!

пусть μ_1 - min коэф тр. для покоя в ①

μ_2 - min коэф тр. для покоя в ②

$$N_1 \mu_1 \geq |F_{x1}| \quad N_1 = N$$
$$N_2 \mu_2 \geq |F_{x2}|$$



$$N_1 = N = Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha \quad F_{x1} = |F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|$$

$$N_2 = Mg + N' \cos \alpha + F_T \sin \alpha \quad F_{x2} = |F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|$$

$$N_2 > N_1 \Rightarrow \mu_{\min} = \frac{F_x}{N_1} = \mu_1$$

$$|F_{x1}| = |F_{x2}| = |F_x|$$
$$N' = m g \cos \alpha$$
$$F_T = m(a_1 - g \sin \alpha)$$

$$\mu = \frac{F_x}{N} = \frac{|F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|}{Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha} =$$

$$= \frac{|0,4(3 - 20 \cdot \frac{9}{20}) \sqrt{\frac{181}{200}} - 0,4 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{181}{200}} \cdot \frac{9}{20}|}{10,42} =$$

$$= \frac{2,40}{10,42} \sqrt{\frac{181}{200}} = \frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}}$$

3) Ответ: $\frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}} \leq \mu$

3) Ответ: $\frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}} \leq \mu < \infty$



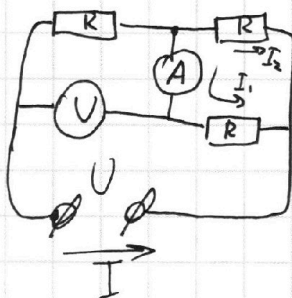
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
14 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!

$$R = 200 \text{ Ом}$$
$$U = 120 \text{ В}$$
$$R_V \gg R$$
$$R_A \ll R$$



$$U = IR$$
$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$I_A = I_1$$

$$I = \frac{U}{R_0}$$

общее сопр. цепи

считаем, что $R_A \approx 0$, $R_V \rightarrow \infty$

$$R_0 = R + \frac{R^2}{2R} = 1,5R = 300 \text{ Ом}$$
$$R_0 = R_1$$

$$I = \frac{U}{1,5R} = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ А}$$

1) Ответ: 0,4 А.

$$I_A = I_1$$

$$I = I_1 + I_2 = 2I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I}{2} = I_A = \frac{U}{2 \cdot 1,5R} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ А}$$

2) Ответ: 0,2 А.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120^2}{1,5 \cdot 200} = \frac{14400}{300} = 48 \text{ Вт}$$

3) Ответ: 48 Вт

$$\frac{12}{24} \cdot \frac{26}{48}$$



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
18 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!

$$t_1 = ? \quad C_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad C_n = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_2 = -20^\circ\text{C} \quad \lambda = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_n = m_b \quad \text{масса воды после установ. равновесия.}$$

$$n = \frac{m_b'}{m_n'} = \frac{11}{9}$$

$$\text{масса льда после установ. равновесия.}$$

$$m_n' = m_n(1 - \delta)$$

$$m_b' = m_b + m_n \delta$$

$$m_n = m_b = m$$

$$n = \frac{m(1 + \delta)}{m(1 - \delta)} \Rightarrow \frac{1 + \delta}{1 - \delta} = \frac{10}{8} \quad m_n' = 0,8m$$

$$\Rightarrow m_b' = 0,1m$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{1}{10} = 0,1$$

1) Ответ: 0,1.

$m_n' \neq 0 \Rightarrow$ лед и вода остались в калориметре после наступл. равновесия.

$$C_b = 2C_n = 2C \quad C_n = C = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$(t_1 - t_0)m_b C_b =$$

$t_k = t_0 = 0^\circ\text{C}$
конечная температура

$$= \lambda(m_n' - m_n) + m_n(t_0 - t_2)C_n$$

$$t_1 = \frac{t_0 m_b C_b + \lambda(m_n - m_n') + m_n(t_0 - t_2)C_n}{m_b C_b}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot 0,1m \cdot - \eta t_2 C}{2 \eta C} = \frac{3,36 \cdot 10^4 + 20 \cdot 2100}{4200}$$

$$= \frac{336 + 420}{42} = 18^\circ\text{C}$$

2) Ответ: 18°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
☐

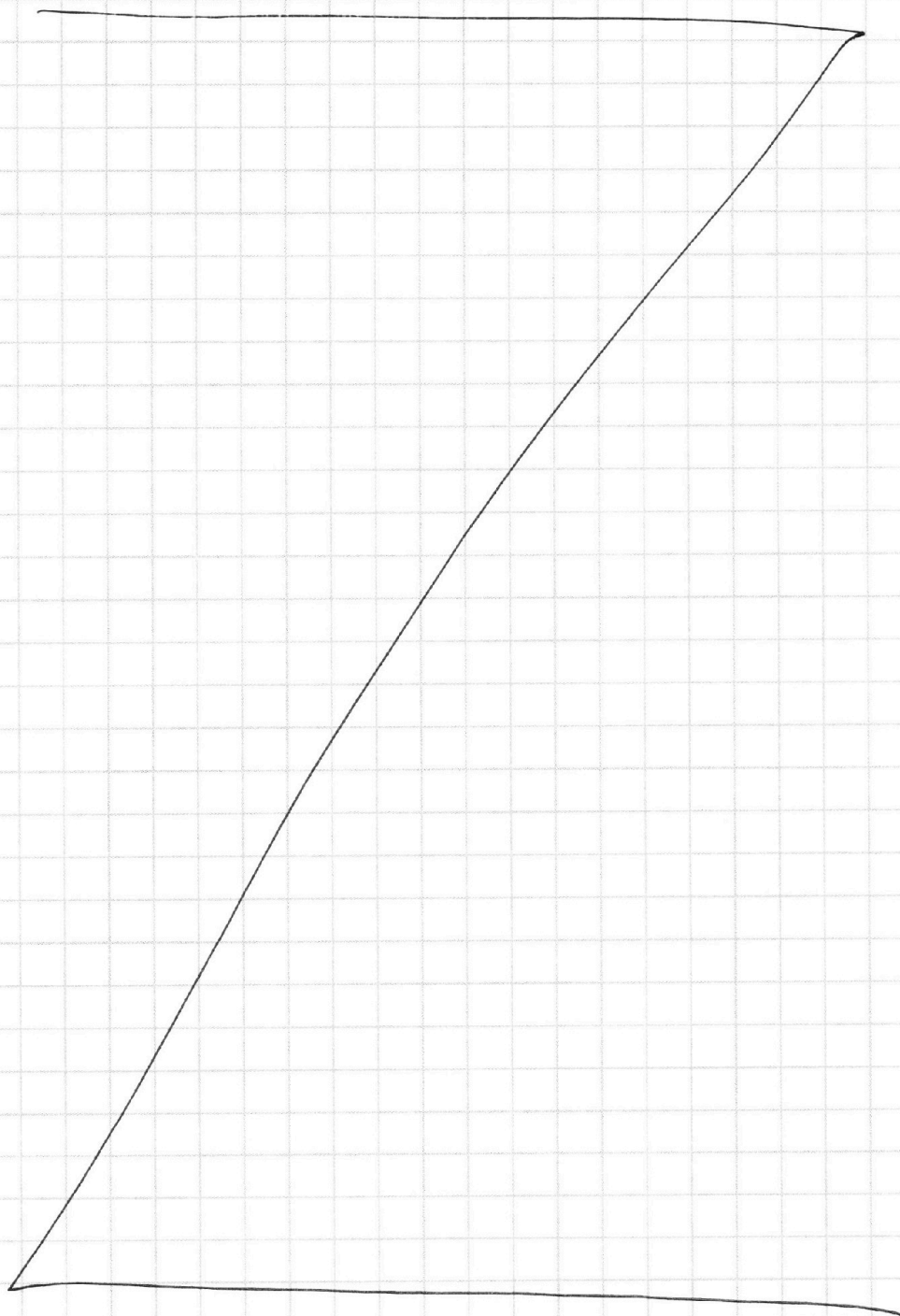
5
☐

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!





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!

