



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



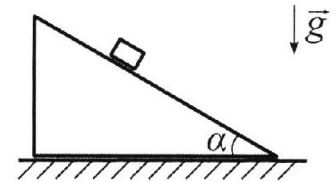
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t = T$.

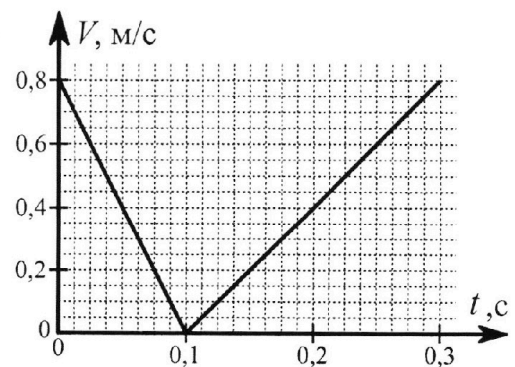
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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





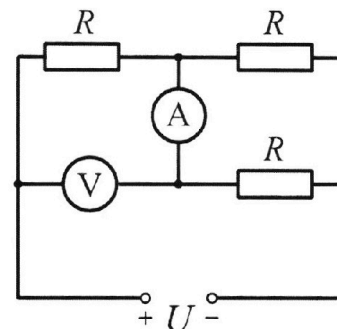
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

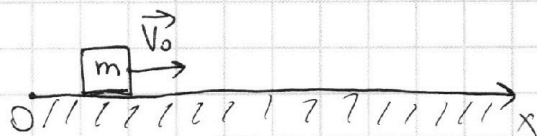
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

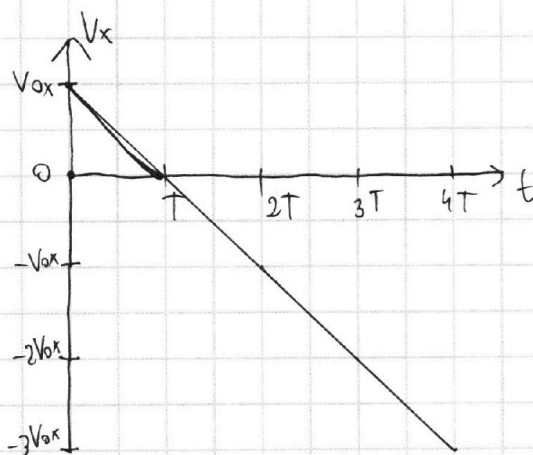
$$\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

$$\vec{V}(t) = \vec{V}_0 - \vec{V}_0 \cdot \frac{t}{T} - \text{линейная зав-сть}$$



$$V_{0x} = V_0$$

$$V_x(t) = V_{0x} - V_{0x} \cdot \frac{t}{T}$$



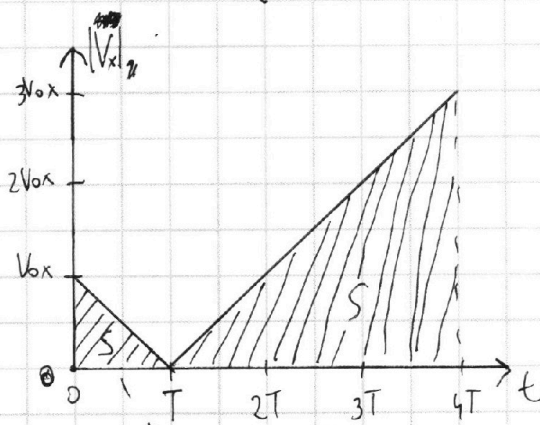
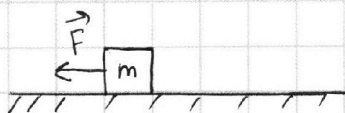
S_{ax} площадь под графиком

$|V_x|(t)$. Поскольку график

можно разбить на две части:

$$S = \frac{1}{2} V_{0x} T + \frac{9}{2} V_{0x} T = 5 V_{0x} T =$$

$$= 40 \text{ М}$$



II закон Ньютона: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$|\vec{F}| = m |\vec{a}|$$

$$S_{xT} = 0, 5 V_{0x} T$$

$$a_x^{(t)} (V_x(t))' = -\frac{V_{0x}}{T} = -2 \frac{M}{\text{с}^2} = \text{const}$$

$$|\vec{a}| = 2 \frac{M}{\text{с}^2} \Rightarrow |\vec{F}| = m |\vec{a}| = 0,4 \text{ Н}$$

$$A_{\vec{x}} = F_x \cdot S_{xT} \Rightarrow A = F_x \cdot S_{x(T)} = -0,4 \text{ Н} \cdot 4 \text{ М} =$$

$$= -1,6 \text{ Дж}$$

$A_x = A$, м.р. работы совершалась только по ОХ

Ответ: 1) $S = 40 \text{ М}$ 2) $|\vec{F}| = 0,4 \text{ Н}$
3) $A = -1,6 \text{ Дж}$

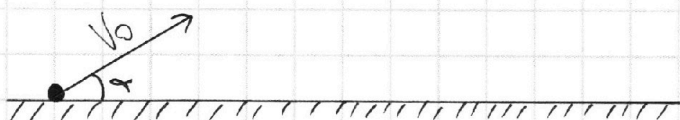


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$T = 4 \text{ c}$$

$$\frac{V_{\max}}{V_{\min}} = n = 2$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Заметим, что $V_{\max} = V_0$, т.к. ~~при движении по времени~~ ~~движения по времени~~ $3CE: E_{\text{полн}} = E_n + E_k \Rightarrow E_{\text{полн}} = \text{const}$, т.к. считаем замкнутой: $E_k \rightarrow \max$ при $V \rightarrow \max$ при $E_n \rightarrow \min \Rightarrow h \rightarrow \min \Rightarrow V_{\max} = V_0$, т.к. $V_x = \text{const}$.

$$V_{\min} = V_x, \text{ т.к. } V = \sqrt{V_y^2 + V_x^2}, V_x = \text{const} \Rightarrow V \rightarrow \min, \text{ когда } |V_y| \rightarrow \min$$

$$V_y^2 \min = 0 \Rightarrow V_{\min} = V_x$$

$$\frac{V_0}{V_x} = 2 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{V_x}{V_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$T = 2 \frac{V_{0y}}{g} \text{ т.к. } \Rightarrow V_y = \frac{Tg}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow V_0 = \frac{V_y}{\sin \alpha} = \frac{40}{\sqrt{3}}$$

$$H(t) = V_y t - \frac{gt^2}{2}, H(t) \rightarrow \max \Rightarrow t_{\max} = \frac{-V_y}{2 \cdot \frac{-g}{2}} = \frac{V_y}{g} = 2 \text{ c}$$

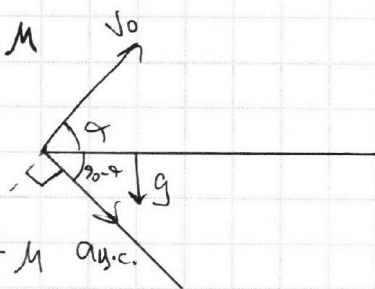
$$H_{\max} = V_y \cdot t_{\max} - \frac{gt_{\max}^2}{2} = 40 \text{ м} - 20 \text{ м} = 20 \text{ м}$$

$$S = T \cdot V_x = T \cdot V_0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$\frac{V_0^2}{R_{\text{кр}}} = g \cdot \cos \alpha$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{V_0^2}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{1600 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{320}{3} \text{ м}$$

$$a_{y.c} = g \cdot \cos \alpha = \frac{V^2}{R}$$



Ответ: 1) $H_{\max} = 20 \text{ м}$ 2) $S = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$ 3) $R_{\text{кр}} = \frac{320}{3} \text{ м}$



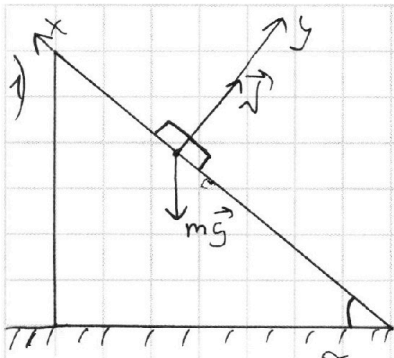
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Из графика видно,

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_k = 2 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

это минимальное

вдоль ОХ в положительном направлении,

поэтому $|a_{\text{пр}}| > |a_{\text{отпр}}$

По II 3-й теореме на ОХ получим:

0 - 0,1с = промежуток:

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

0,1с - 0,3с = промежуток:

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

$$-mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}} = \frac{0 - 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1с - 0с} = -8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{F_{\text{тр}} - mg \cdot \sin \alpha}{m} = \frac{-0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,3с - 0,1с} = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

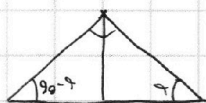
$$\frac{-mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}} + F_{\text{тр}} - mg \cdot \sin \alpha}{m} = -12 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{-2mg \cdot \sin \alpha}{m} = -12 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$g \cdot \sin \alpha = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

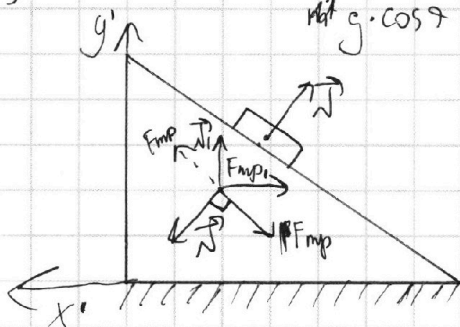
$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$



$$|F_{\text{тр}}| = mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot m$$

$$\mu = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{g \cdot \cos \alpha} = 0,5$$



$F_{\text{тр}}$ может быть направлен в зад-м от комп. движения



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!

1 вар) масса тела в пол. кону OX :

II закон Ньютона на OY' (2 рисунка): $-g \cdot \cos^2 \alpha - 2mg + F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha + N_1 = 0$

$$N_1 = 2mg + g \cos^2 \alpha - \frac{4}{c^2} \cdot m = 4 \frac{m}{c^2} \cdot \sin^2 \alpha = 4 \frac{m}{c^2} \cdot 0,2 + 1,28 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8 - 0,96 H = 4,72 H$$

на OX' :

$$F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0, \text{ если } F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha \leq N_1 \cdot \mu$$

$$0,64 H + 0,96 H = F_{\text{тр}}, \quad 1,6 H \leq 4,72 H \cdot 0,5 \Rightarrow F_{\text{тр max}} = 1,76 H \text{ на 1 урассне}$$

2 вар) масса тела в отв. кону OX :

OY' :

$$N_1 = N \cdot \cos \alpha + F_{\text{тр}} \cdot \sin \alpha + 2mg = 4 H + 0,96 H + 1,28 H = 6,24 H$$

$$OX': -F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha = 0$$

$$0,96 H - 0,64 H = F_{\text{тр}}, \quad F_{\text{тр max}} < F_{\text{тр max}} \text{ на 1 ур}$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр max}} = 1,76 H$$

$$OY': N_1 = mg \cdot \cos^2 \alpha + 2mg + mg \cdot \cos^2 \alpha \cdot \mu \cdot \sin \alpha = 1,28 H + 4 H - 0,96 H$$

$$OX': F_{\text{тр}} = mg \cdot \cos^2 \alpha \cdot \mu + mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = N_1 \cdot \mu$$

$$1,28 \mu + 1,12 = (5,28 H - 0,96 \mu) \mu$$



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!

$$-0,96\mu^2 + 4\mu - 1,12 = 0$$

$$D = 16 - 4 \cdot 0,96 \cdot 1,12 = 11,6992$$

$$\mu_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{11,6992}}{-1,92}$$

$$\mu \geq \frac{-4 + \sqrt{11,6992}}{-1,92}$$

$$\text{Answer: } 1) \sin \alpha = 0,6$$

$$2) F_{\text{up max}} = 1,76 \text{ Н}$$

$$3) \mu \geq \frac{-4 + \sqrt{11,6992}}{-1,92}$$

$$\begin{array}{r} \times 1' 1' 2 \\ 96 \\ \hline 672 \\ 1008 \\ \hline 10752 \\ \times 1,0752 \\ \hline 43008 \end{array}$$



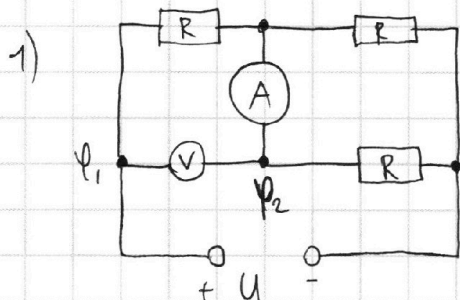
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

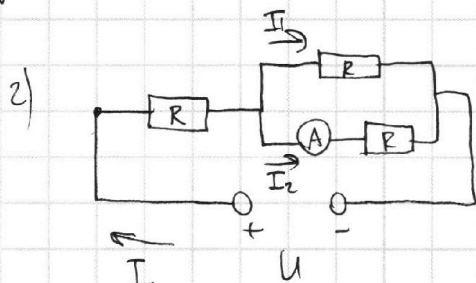


$$R = 100 \Omega$$

$$U = 30 \text{ В}$$

$$R_V \gg R \gg R_A$$

Заметим, что через вольтметр так же пойдёт, т.к. по сравнению с его R_V $R \approx 0 \Rightarrow$ ~~напряжением~~ ~~на~~ ~~каждой~~ ~~схеме~~



Заметим, что $R + R_A \approx R$, т.к.

$$R_A < R \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{I_{\text{одн}}}{2}$$

$$R_{\text{экв}} = R + \frac{R}{2} = 1,5R$$

$$I_{\text{одн}} = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{30 \text{ В}}{1,5 \cdot 100 \Omega} = \frac{1}{5} \text{ А}$$

Вернёмся к 1 схеме:

Вольтметр показывает падение потенциалов на своих концах, тогда

$$U_V = \varphi_1 - \varphi_2, \varphi_2 = \varphi_1 - I_{\text{одн}} \cdot R - \frac{I_{\text{одн}}}{2} R_A. \frac{I_{\text{одн}}}{2} R_A \text{ пренебр.}$$

$$\text{мало} \Rightarrow U_V = \varphi_1 - \varphi_1 + I_{\text{одн}} \cdot R \approx \frac{U}{1,5R} \cdot 1,5R = \frac{U}{1,5} = 20 \text{ В}$$

$$P = \frac{I_{\text{одн}}^2}{2} R + \frac{(0,5 I_{\text{одн}})^2}{2} R + \frac{(0,5 I_{\text{одн}})^2}{2} R + \frac{(0,5 I_{\text{одн}})^2}{2} R_A \approx \frac{(0,5 I_{\text{одн}})^2}{2} R_A \text{ пренебр.}$$

пренебрежимо мало по сравнению с другими величинами $\Rightarrow$ пренебрежим

$$P = 1,5 I_{\text{одн}}^2 \cdot R = 1,5 \cdot \frac{1}{25} \text{ А}^2 \cdot 100 \Omega = 6 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $I_{\text{одн}} = 0,2 \text{ А}$ 2) $U_V = 20 \text{ В}$ 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!

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

$$m_{l_1} = m_{b_1}$$

$$t_k = ?$$

$$\frac{m_{l_1}}{m_{b_1}} = \frac{9}{7}$$

$$m_{l_1} + m_{b_1} = m_{l_k} + m_{b_k}$$

$$2m_{b_1} = \frac{16}{7}m_{b_k}$$

$$m_{b_k} = \frac{7}{8}m_{b_1} \Rightarrow \frac{1}{8}m_{b_1}$$

$$2c_{l_1} = c_b$$

по закону сохр. массы

$$m_{b_1} - \frac{1}{8}m_{b_1} = m_{l_1} - \frac{1}{8}m_{l_1} \Rightarrow \delta = \frac{1}{8}$$

Также заметим, что если в калориметре и вода, и лёд, то $t_k = 0^\circ\text{C}$.

Пусть t_{lH} — начальная температура льда

$$m_{b_1} \cdot c_b \cdot (t_1 - t_k) + \frac{1}{8}m_{b_1} \cdot \lambda + m_{l_1} \cdot c_{l_1} \cdot (t_{lH} - t_k) = 0, t_k = 0^\circ\text{C} \Rightarrow \text{уберём}$$

$$m_{b_1} \cdot (c_b \cdot t_1 + \frac{1}{8}m_{b_1} \cdot \lambda + m_{l_1} \cdot c_{l_1} \cdot t_{lH}) = 0 \quad | / m_{b_1}$$

$$c_b \cdot t_1 + \frac{1}{8}\lambda + c_{l_1} \cdot t_{lH} = 0$$

$$-t_{lH} = \frac{c_b \cdot t_1 + \frac{1}{8}\lambda}{c_{l_1}} = \frac{3936 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{336}{16,8}^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} =$$

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

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

Ответ: 1) $\delta = \frac{1}{8}$ 2) $t_{lH} = -40^\circ\text{C}$



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!





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
☐

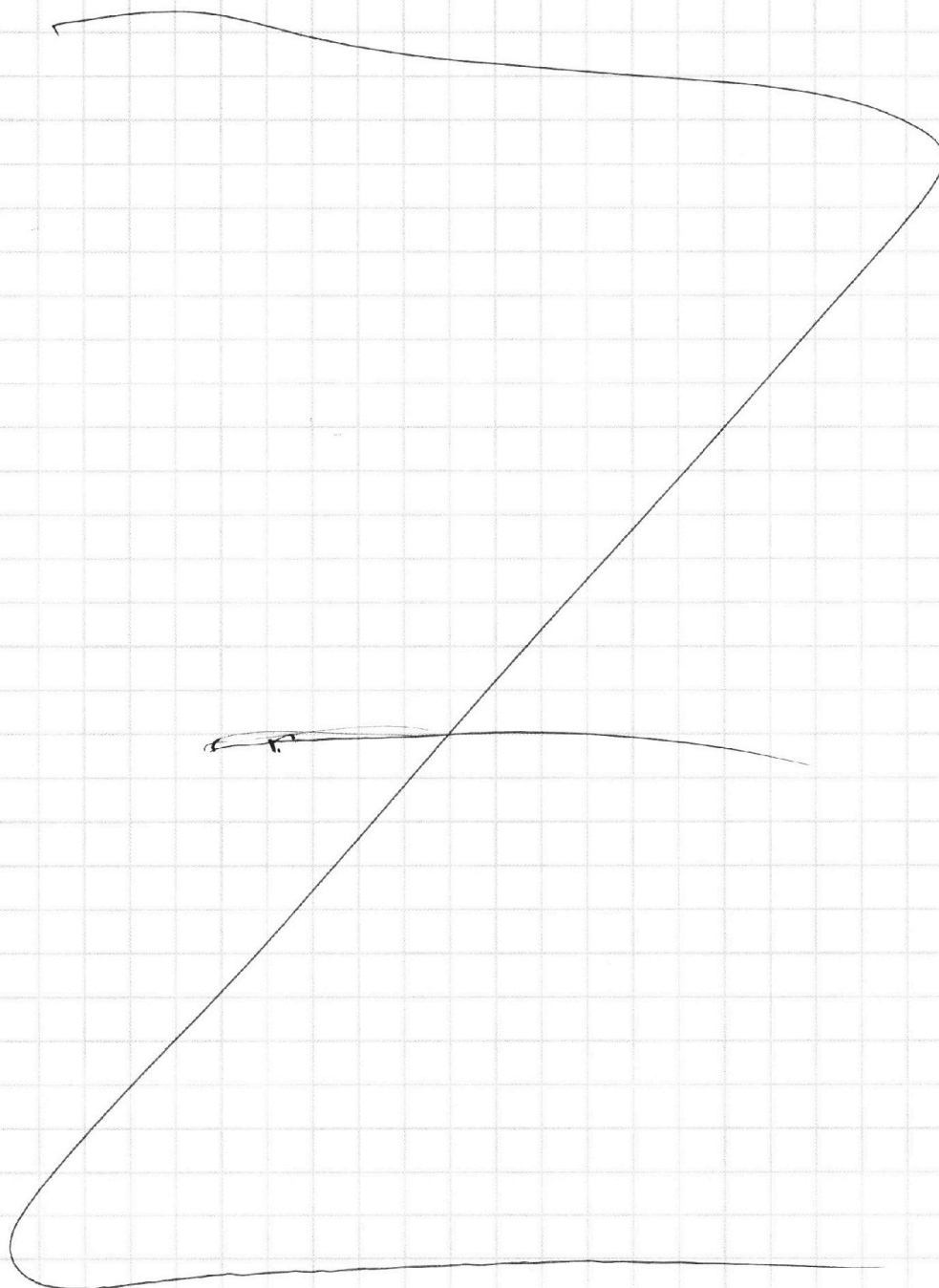
5
☐

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!

