



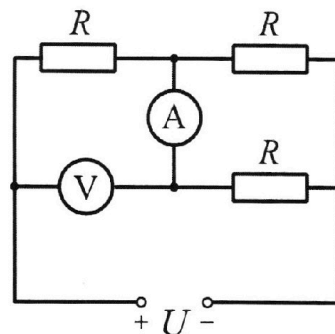
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 $n = 9/7$. Пусть $m_0 = 8m \Rightarrow m_{\text{л}} \rightarrow \text{лед} = m = \frac{1}{8}m_0$.

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.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



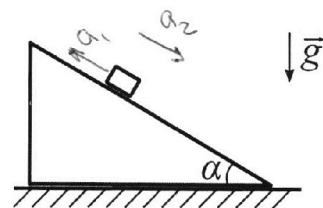
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{v}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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.

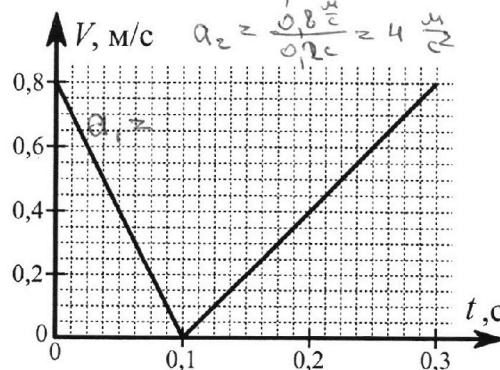
1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

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.



$$a_1 = \frac{0,8 \frac{м}{с}}{0,1 с} = 8 \frac{м}{с^2}$$
$$a_2 = \frac{0,8 \frac{м}{с}}{0,2 с} = 4 \frac{м}{с^2}$$

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?





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!

N 1

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \Rightarrow \text{Прямая, на которой лежит вектор}$$

$\vec{v}$ и $\vec{v}_0$ — коллинеарные вне зависимости от t ,
т.к. вектор умножается на коэф.
(могут отличаться направлением)

Заметим, что т.к. t делится на постоянный
коэф T , тело движется равноускоренно и
ускорение направлено против его начальной скорости.

Найдем a . Т.к. $a = \text{const}$, рассмотреть можно
любую ситуацию. Например $t = T = 2\text{c}$

$$\Rightarrow v = v_0 \left(1 - 1\right) = 0$$

За 2c тело изменило скорость на $v_0 - 0 = v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$\Rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

① $S = S_1 + S_2$ т.к. нужно найти Путь

$$\xleftarrow{S_1} \quad S_1 = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (2\text{c})^2}{2} = 4\text{м} \quad (\text{к моменту } t = T)$$

$$\xrightarrow{S_2} \text{Еще пройдет } 3T = 6\text{c} \quad S_2 = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (6\text{c})^2}{2} = 36\text{м}$$

$$S = 4\text{м} + 36\text{м} = 40\text{м}$$

② По 2 закону Ньютона: (т.к. плоскость гладкая, $F_{tr} = 0$)

$$F = ma \quad F = 0,2\text{кг} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,4\text{Н}$$

$$\textcircled{3} A = F \cdot S = 0,4\text{Н} \cdot 40\text{м} = 1,6\text{ Дж}$$

Ответ: $40\text{м}; 0,4\text{Н}; 1,6\text{ Дж}$



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!

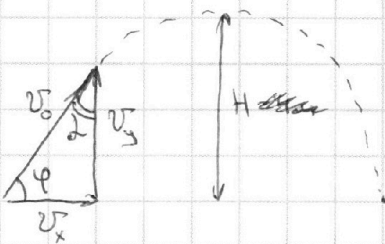
$\sqrt{2}$

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

$$v_x = \text{const}$$

$$H = \frac{g\left(\frac{t}{2}\right)^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{8} = 20 \text{ м}$$

Из закона изменения энергии:

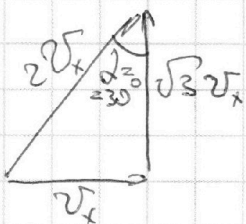


Максимальная скорость была в начальной и конечной точке; минимальная — в самой высокой

$$\Rightarrow \frac{v_0}{v_x} = 2 \quad \text{где} \quad \frac{v_x}{v_0} = \frac{1}{2} = \sin \alpha \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow v_y = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} v_x$$

$$\text{Найдем } v_y \quad v_y = g \frac{t}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$\Rightarrow v_x = \frac{v_y}{\sqrt{3}} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sqrt{3}} \Rightarrow v_0 = \frac{40 \text{ м}}{\sqrt{3} \text{ с}}$$

$$v_x = \text{const} \Rightarrow S = v_x \cdot 4 \text{ с} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$\text{где } \sqrt{3} \approx 1,73 \quad S = \frac{80}{1,73} \text{ м} = 46,24 \text{ м}$$

$$\text{Найдем } R \text{ по формулам } a_y = \frac{v_0^2}{R}$$

a_y — проекция $\vec{g}$ на ось, перпендикулярную $\vec{v}_0$

$$\Rightarrow a_y = g \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} g = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = 2 v_x = \frac{S}{4 \text{ с}} = \frac{46,24 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 23,12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow R = \frac{23,12^2}{5} = \frac{\frac{400}{3}}{5} = \frac{1600}{15} = \frac{320}{3} \text{ м} = 106,6 \text{ м} \approx 107 \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $S = 46,24 \text{ м}$; $R = 107 \text{ м}$



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!

№3

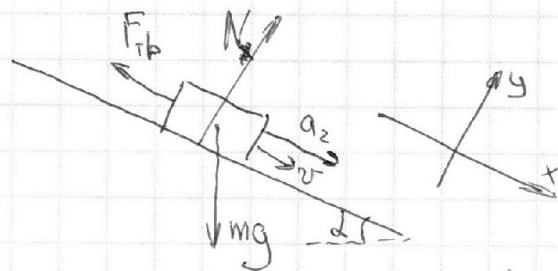
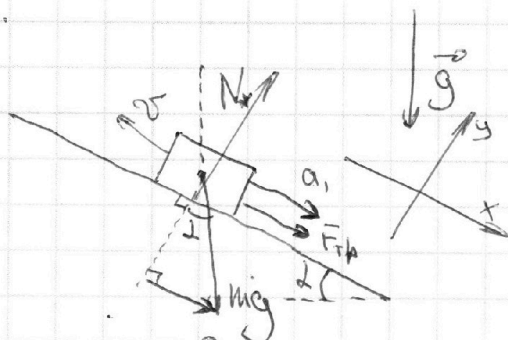
Шайба двигалась по одной прямой $\Rightarrow$ Клин не двигался относительно поверхности

Из графика увидим, что $a_1 = 8 \frac{m}{c^2}$; $a_2 = 4 \frac{m}{c^2}$

Неравные ускорения из-за того, что сила трения меняет направление (изначально шайба ехала вверх)

Силы на шайбу

1.



Запишем 2 закон Ньютона: (на ось x)

$$mg \sin \alpha + F_{тр} = ma_1$$

$$mg \sin \alpha - F_{тр} = ma_2$$

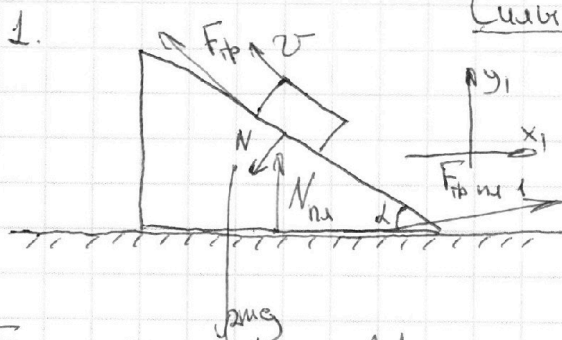
Вычтем уравнения друг из друга $\Rightarrow 2F_{тр} = m(a_1 - a_2)$

$$2F_{тр} = 0,2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{m}{c^2} = 0,8 \text{ Н} \Rightarrow F_{тр} = 0,4 \text{ Н}$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = F_{тр} + ma_2 \quad \sin \alpha = \frac{0,4 \text{ Н} + 0,2 \cdot 4 \frac{m}{c^2} \cdot \text{кг}}{0,2 \cdot 10 \text{ Н}} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

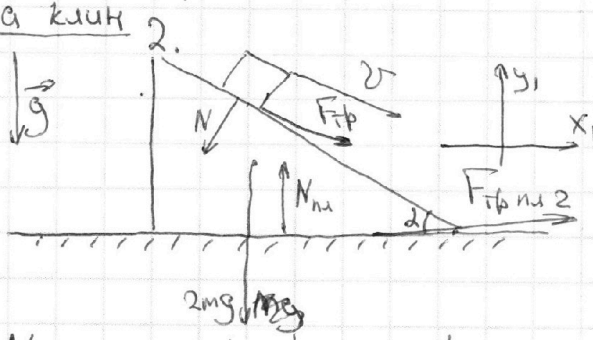
Силы на клин

1.



$F_{тр н1}$ - со стороны поверхности

2.



$N_{н1}$ - сила норм. реакц. опор со стороны поверхности.



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 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!

Запишем 2 закон Ньютона на груз на ось y
(ось y с верхних рисунков)

~~Вза~~ $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N$ не зависит от направ. движ

$$N = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,2 \cdot 10 \cdot \sqrt{0,64} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ Н}$$

Теперь запишем 2 закон Ньютона для клина на ось x , :

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$2. \quad N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha - F_{\text{тр} \text{ на } 2} = 0$$

$$1. \quad F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha - F_{\text{тр} \text{ на } 1} = 0 \quad (\alpha_{\text{клина}} = 0, \text{ т.к. груз движется по одной прямой})$$

$$F_{\text{тр} \text{ на } 1} = 0,4 \cdot 0,8 + 1,6 \cdot 0,6$$

$$F_{\text{тр} \text{ на } 2} = 1,6 \cdot 0,6 - 0,4 \cdot 0,8$$

$$F_{\text{тр} \text{ на } 1} = 1,28 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр} \text{ на } 2} = 0,64$$

$>$ — наибольшая сила трения на клин со стор. поверх

Если μ большой, клин будет находиться в покое

найдем $\mu_{\text{мин}}$: Т.к. $F_{\text{тр} \text{ на } 1} > F_{\text{тр} \text{ на } 2}$, будем рассматривать первый случай. (груз едет вверх)

Напишем 2 закон Ньютона на ось y , : $F_{\text{тр}} \sin \alpha + N_{\text{на}} = 2mg + N \cos \alpha$
(для клина) $N_{\text{на}} = 2mg + N \cos \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha$

$$N_{\text{на}} = 0,4 \cdot 10 + 1,6 \cdot 0,8 - 0,4 \cdot 0,6 = 4 + 1,28 - 0,24 = 5,04 \text{ Н}$$

Чтобы $\mu \rightarrow \min$ должно выполняться $F_{\text{тр} \text{ на } 1} = \mu N_{\text{на}}$

$$\Rightarrow \mu = \frac{1,28 \text{ Н}}{5,04 \text{ Н}} = 2,56 \Rightarrow \mu \in [2,56; +\infty)$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,6$; $F_{\text{тр} \text{ на } \text{max}} = 1,28 \text{ Н}$; $\mu \in [2,56; +\infty)$



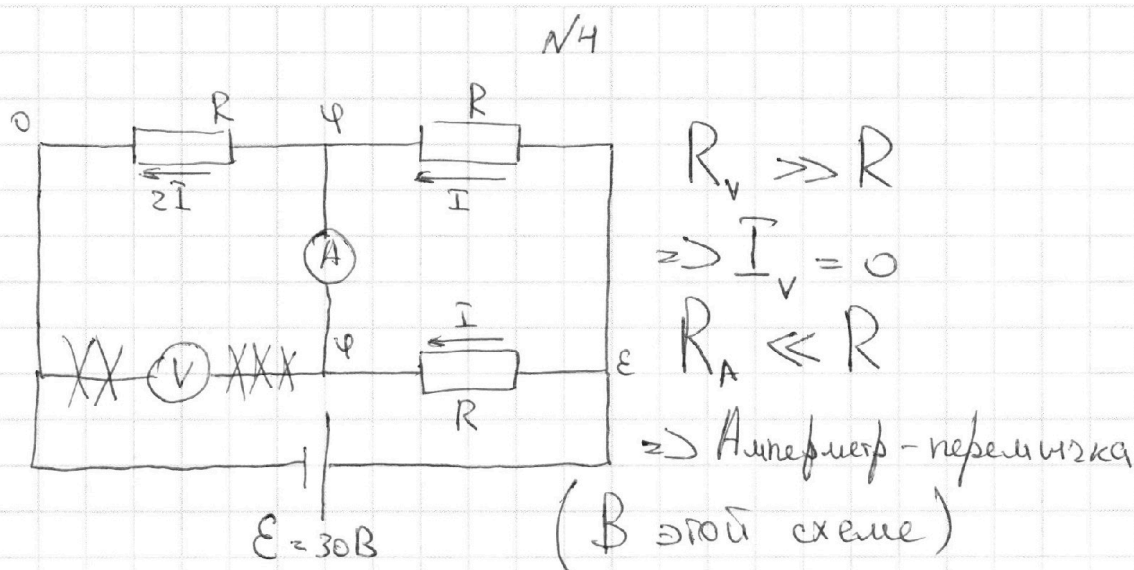
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



Пусть через нижний резистор течёт ток I

$\Rightarrow$ Через верхний тоже I (правый верхний)

$\Rightarrow$ По 1 закону Кирхгофа: Через левый верхний течёт ток $I + I = 2I$ (и через источник)

По 2 закону Кирхгофа: $2IR + IR = E \Rightarrow 3I \cdot 100\Omega = 30V$

$I = 100\text{ мА} \Rightarrow 2I = \underline{200\text{ мА}}$ (ток через источник)

$$U_v = U = 2IR = \underline{20V}$$

$$P = U_1 I_1 + 2 U_2 I_2 = 20V \cdot \frac{2}{10} A + 2 \cdot 10V \cdot \frac{1}{10} A = 4Вг + 2Вг = \underline{6Вг}$$

Ответ: 200 мА ; $20V$; $6Вг$



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!

N5

Пусть начальная масса воды = 8 м

$\Rightarrow$ начальная масса льда = $m_{\text{л}} = 8 \text{ м}$

Пусть $\Delta m_{\text{воды}}$ превратилось в лёд

$$\Rightarrow \frac{8 \text{ м} + \Delta m}{8 \text{ м} - \Delta m} = \frac{9}{7} \Rightarrow \Delta m = m = \frac{1}{8} m_0$$

$$\delta = \frac{1}{8}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$8 \text{ м} \cdot c_v \cdot (t_1 - 0) = 8 \text{ м} \cdot c_l \cdot (0 - t_2) + m \lambda \quad / : c_l$$

$$8 \cdot 2 \cdot (t_1 - 0) = 8 (0 - t_2) + \frac{\lambda}{c_l}$$

$$\frac{16}{8 \cdot 2 \cdot 10} = 8 (0 - t_2) + \frac{3,36 \cdot 10^4 \cdot 2}{2,1 \cdot 10^3} = \frac{336}{2,1} + 8 (0 - t_2)$$

$$160 = 8 (0 - t_2) + 16 \quad / \cdot \frac{1}{8}$$

$$20 = 2 - t_2 \Rightarrow t_2 = 2 - 20$$

$$t_2 = -18^\circ \text{C}$$

Ответ: $\delta = \frac{1}{8}$; $t_2 = -18^\circ \text{C}$



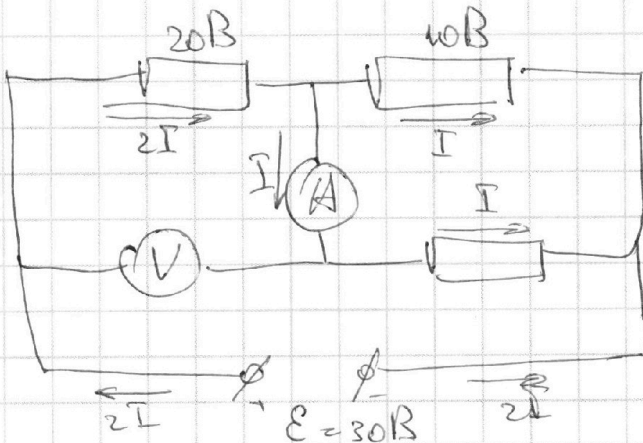
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

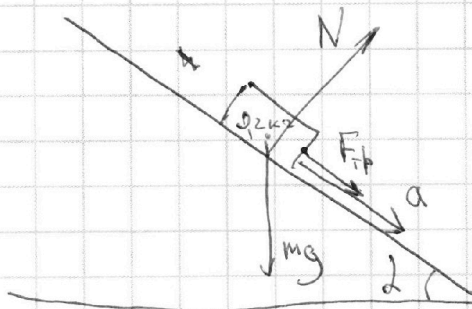
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ + 18 \\ \hline 324 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ \hline 119 \\ + 17 \\ \hline 289 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 173 \\ 173 \\ \hline 519 \\ + 1211 \\ \hline 29929 \end{array} \quad \Rightarrow \sqrt{3} = 1,73$$
$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 16 \\ \hline 128 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 173 \\ 173 \\ \hline 5 \\ + 865 \\ \hline 1038 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 173 \\ 173 \\ \hline 4 \\ + 682 \\ \hline 346 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 800,0 \\ - 692 \\ \hline 1080 \\ - 1038 \\ \hline 420 \\ - 346 \\ \hline 740 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,32 + 0,96 = 1,28 \\ 0,96 - 0,32 = 0,64 \end{array}$$
$$I = \frac{W_B}{W_{0H}} = \frac{1}{10} A = 100 \mu A$$



$$\Rightarrow 2I = 200 \mu A$$



$$\begin{array}{r} 12805 \\ - 10 \\ \hline 28 \\ - 25 \\ \hline 30 \\ 30 \\ \hline 0 \end{array}$$



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
☐

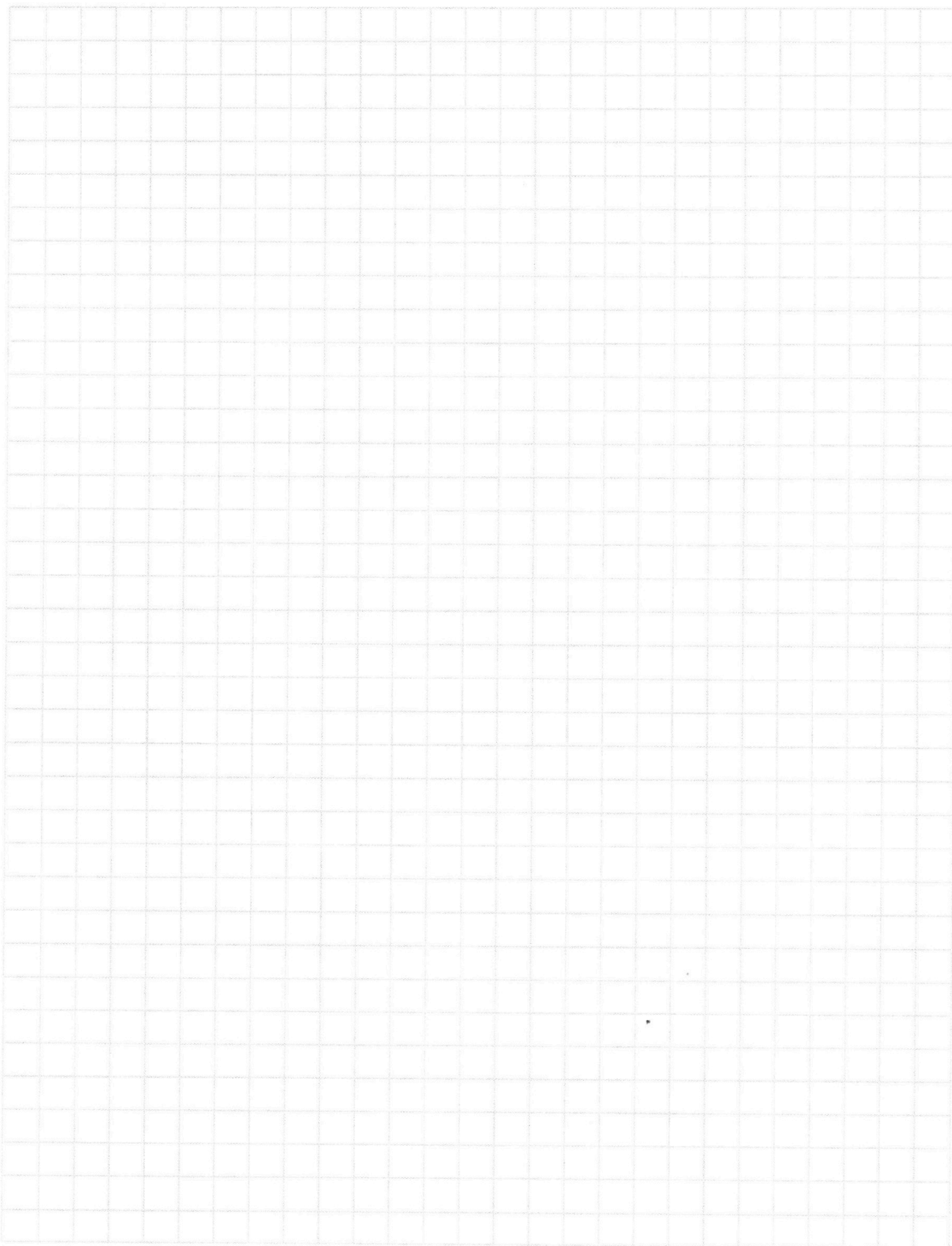
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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
☐

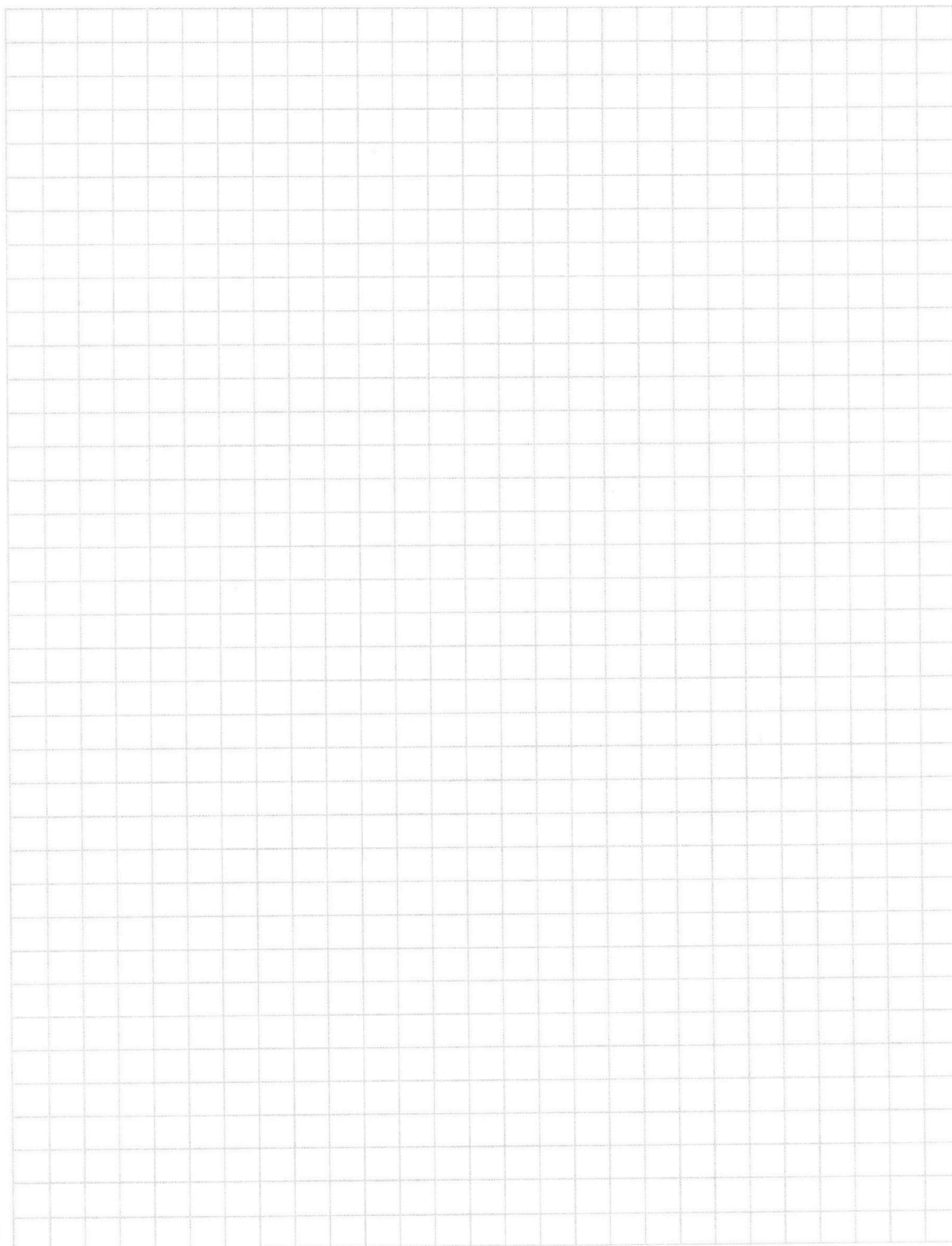
5
☐

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!

