



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



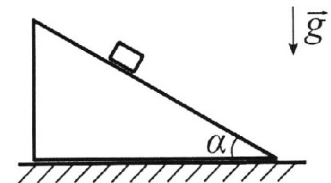
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t = T$.

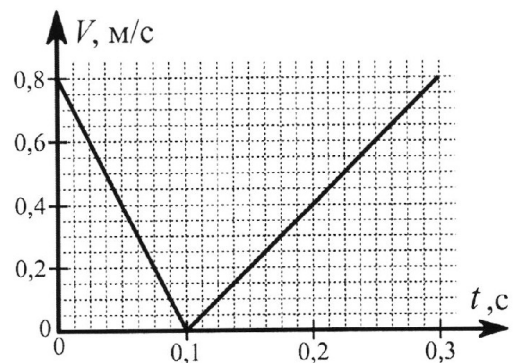
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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





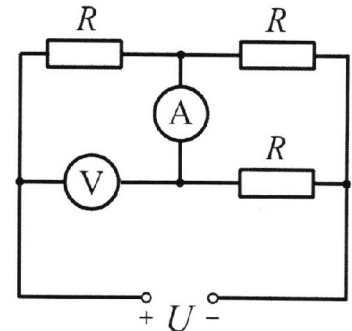
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.



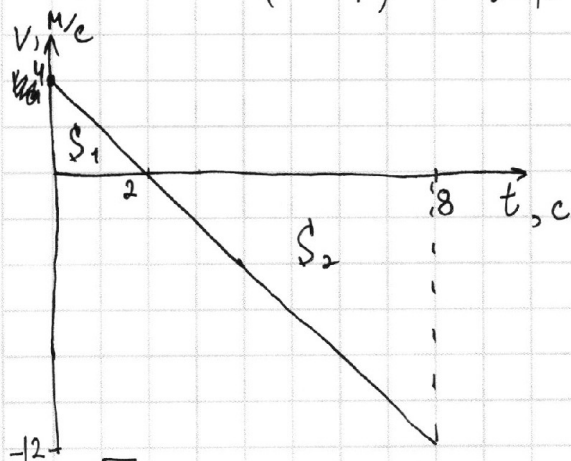
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \Rightarrow \text{На ^{№7} прямая шайба движется по прямой}$$



$$S = S_1 + S_2 = 4 + 36 = \boxed{40 \text{ м}}$$

Найдём ускорение шайбы

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-\frac{v_0 \Delta t}{2}}{\Delta t} = -\frac{v_0}{2} = -2 \text{ м/с}^2$$

$$F = ma = \boxed{-0,4 \text{ Н}}$$

(отрицательная, т.к. действует против $\vec{v}_0$)

$$F = \text{const} \quad S_2 = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a} = 4 \text{ м} \quad \begin{matrix} v_k = v_0 \left(1 - \frac{T}{T}\right) = 0 \\ v_n = v_0 \end{matrix}$$

$$A = F \cdot S_2 = 1,6 \text{ Дж}$$

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



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!

Пусть пули мяч с V_0 , из ЗСЭ понятно, что $V_{\max}$ на мин. высоте, $V_{\min}$ на максимальной

$\vec{g}$ влияет только на вертик.

составляющую скорости $\Rightarrow$

$$n = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$V_{\min} = V_0 \cdot \cos \alpha \quad (\text{по вертикали } V=0)$$

$$V_{\max} = V_0$$

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

$$T = \frac{\Delta V}{a} = \frac{(-V_0 - V_0) \cdot \sin \alpha}{-g} = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow V_0 = \frac{gT}{2 \sin \alpha} = \frac{gT}{\sqrt{3}}$$

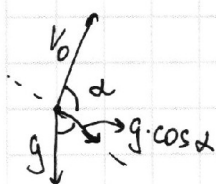
$$S = T \cdot V_0 \cdot \cos \alpha, \text{ т.к. по гор } V = \text{const} = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$H = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{gT^2}{8} = \boxed{20 \text{ м}}$$

По ф-ле перемещения без времени

$$S = T \cdot V_0 \cdot \cos \alpha = \frac{gT^3}{2\sqrt{3}} = \boxed{\frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{V^2}{a_{\perp}} = \frac{V_0^2}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{gT^2}{3 \cdot \cos \alpha} = \frac{2gT^2}{3} = \boxed{\frac{320}{3} \text{ м}}$$



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



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
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!

№3

Только что я рассмотрел 2 случая (Шайба движется вниз или вверх)
Для каждого из них я нашёл силу реакции опоры, действующую на клин, а также сумму сил по горизонтали, без учёта $F_{тр2}$, так как в итоге $a=0$, $F_{тр2}$ = этой сумме
Тогда найдём μ_{min} , чтобы с заданной N ~~и заданной $F_{тр2}$~~
получалась $F_{тр2}$ необходимое $\mu N_0 = F_{тр2} \Rightarrow \mu = \frac{F_{тр2}}{N_0}$
в первом случае $\mu_{min} = \frac{8}{63}$, во втором $\mu_{min} = \frac{16}{63}$
(В системе уравнений я подставляю $F_{тр} = 0,4 N$, найденное во 2-ом пункте)

Ответ: $\mu > \frac{16}{63}$

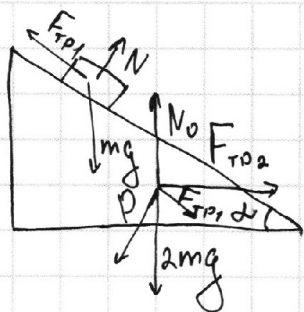


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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

Клин покоится

Шайба движется только в пл-ти || пл-ти клина
2 3 Н для шайбы на пл-ть клина:

$$|ma_1| = |mg \sin \alpha - F_{TP}|$$

До остановки движется вверх

$$ma_2 = mg \cdot \sin \alpha - F_{TP1} = mg \cdot \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

После остановки движется вниз

$$m(|a_1| + |a_2|) = 2mg \sin \alpha$$

Из графика $|a_1| = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{0,8}{0,1} = 8 \text{ м/с}^2$ $|a_2| = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{0,8}{0,2} = 4 \text{ м/с}^2$

$$\sin \alpha = \frac{|a_1| + |a_2|}{2g} = 0,6 \rightarrow \cos \alpha = 0,8 \text{ по ОТТ}$$

~~F_{TP1}~~

F_{TP} максимально, когда тело скользит

$$F_{TP} = mg \sin \alpha - ma_2 = 0,4 \text{ Н}$$

~~Нам понадобится наибольшая F_{TP2}, пока шайба едет вверх, так как в этом случае R и F_{TP1} действуют на клин~~

1) Шайба едет вниз
2 3 Н по вертикали:
 $N_0 = 2mg + mg \cdot \cos^2 \alpha + F_{TP} \cdot \sin \alpha = 5,52 \text{ Н}$
2 3 Н по горизонтали:
 $\Sigma \vec{F} = mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - F_{TP} \cdot \cos \alpha$
 $= 2 \cdot 0,8 \cdot 0,6 - 0,4 \cdot 0,8 = 0,64 = F_{TP2}$
 $\mu_1 = \frac{F_{TP2}}{N_0} = \frac{0,64}{5,52} = \frac{8}{69}$

2) Шайба едет вверх
2 3 Н по верт:
 $N_0 = 2mg + mg \cdot \cos^2 \alpha - F_{TP} \sin \alpha$
 $= 4 + 2 \cdot 0,64 - 0,4 \cdot 0,6 = 5,04 \text{ Н}$
2 3 Н по горизонтали:
 $m F_{TP2} = mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha + F_{TP} \cdot \cos \alpha$
 $= 1,2 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ Н}$
 $\mu_2 = \frac{F_{TP2}}{N_0} = \frac{1,28}{5,04} = \frac{16}{63}$



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
☒

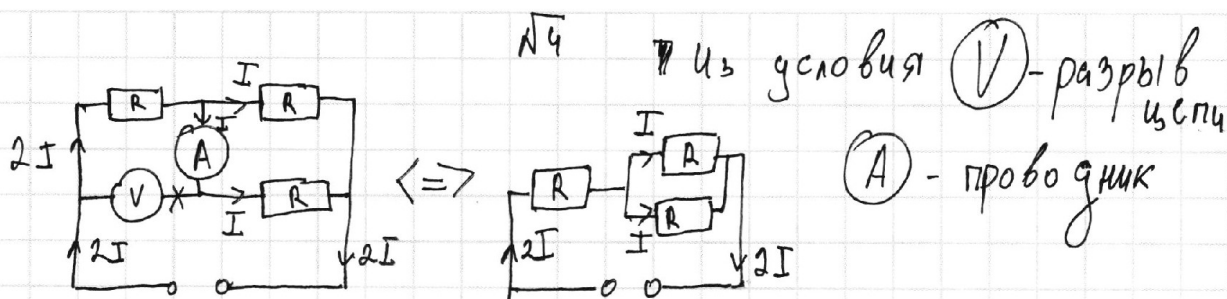
5
☐

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!



Расставим токи в соотв. с 3. Ом и 3СЗ

$$U = 2IR + IR = 3IR$$

$$I = \frac{U}{3R} = \frac{1}{10} \text{ A} \rightarrow I_0 = 2I = \boxed{\frac{1}{5} \text{ A}}$$

$$U_B = 2IR = \boxed{20 \text{ В}}$$

$$P = \sum I_i^2 R_i = 4I^2 R + I^2 R + I^2 R = 6I^2 R = 6 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{1}{5} \text{ A}; U_B = 20 \text{ В}; P = 6 \text{ Вт}$$



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!

 $\sqrt{5}$

$m_B = m_A = m$ Если в конце есть и вода, и лёд $\rightarrow t_{\text{кон}} = 0^\circ$

Пусть замёрзло Δm воды $\rightarrow n = \frac{m + \Delta m}{m - \Delta m} = \frac{9}{7}$

$$\delta = \frac{\Delta m}{m} = \boxed{\frac{1}{8}}$$

$$\Delta m = \frac{1}{8} m$$

Запишем УТБ

$$U_B + U_A + U_{\text{крист}} = 0$$

$$c_B m (0 - t_1) + c_A m (t_1 - 0 - t_2) - \lambda \Delta m = 0$$

$$c_B m t_1 + \frac{1}{8} \lambda m = -c_A m t_2$$

$$t_2 = -\frac{c_B t_1 + \frac{1}{8} \lambda}{c_A} = -\frac{42000 + 42000}{2100} = \boxed{-40^\circ \text{C}}$$

Ответ: $\delta = \frac{1}{8}$; $t_2 = -40^\circ \text{C}$



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.

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!

$\sqrt{2}$

$\cos \alpha = 0,8$

Пусть футболист в начальный момент времени придан мячу скорость v_0 . Тогда $E_0 = E_{\text{кин}} = \frac{mv_0^2}{2}$

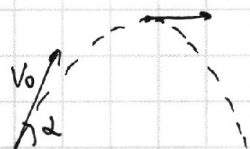
В любой другой момент времени $E = E_0 = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2}$

$h > 0 \Rightarrow V_{\text{max}}$ при $h=0$

h - высота мяча в данный мом.

V_{min} в наивысшей точке (вершине параболы) траектории

Траектория полёта:



Пусть футболист ударил мяч под углом α к горизонту

$V_{\text{max}} = v_0$; $V_{\text{min}} = v_0 \cdot \cos \alpha$ (только гор. составн)

Ускорение $\vec{g}$ никак не влияет на гор. сост. скорости

$$T = 2 \cdot T_{\uparrow} = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \rightarrow S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

время подъёма, скорость по вертикали меняется от $v_0 \cdot \sin \alpha$ до 0

$$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{T}{2} - \frac{gT^2}{8}$$

$$H = \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} = \frac{1}{\cos \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\alpha = 0 \quad \Sigma \vec{F} = 0$$

$$N_0 = 2mg + mg \cdot \cos^2 \alpha + 0,4 \cdot \sin \alpha = 4 + 2 \cdot 0,64 + 0,4 \cdot 0,6 =$$

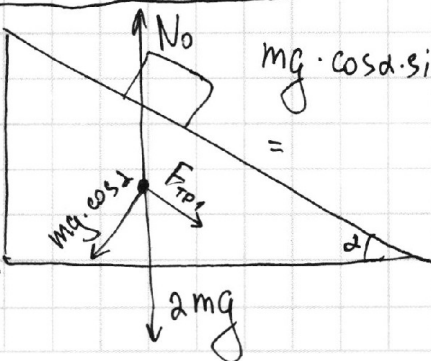
$$v_0 = \frac{T \cdot g}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{gT}{\sqrt{3}} \Rightarrow H = \frac{gT^2}{4} - \frac{gT^2}{8} = \frac{gT^2}{8} = 20 \text{ м} = 5,52 \text{ Н}$$

$$S = \frac{gT^2}{2\sqrt{3}} = \frac{80}{\sqrt{3}}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{v_0^2}{a_{\perp}} = \frac{v_0^2}{g \cdot \cos \alpha} =$$

$$\frac{552}{8} = 69$$

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



$$mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - 0,4 \cdot \cos \alpha =$$



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
☐

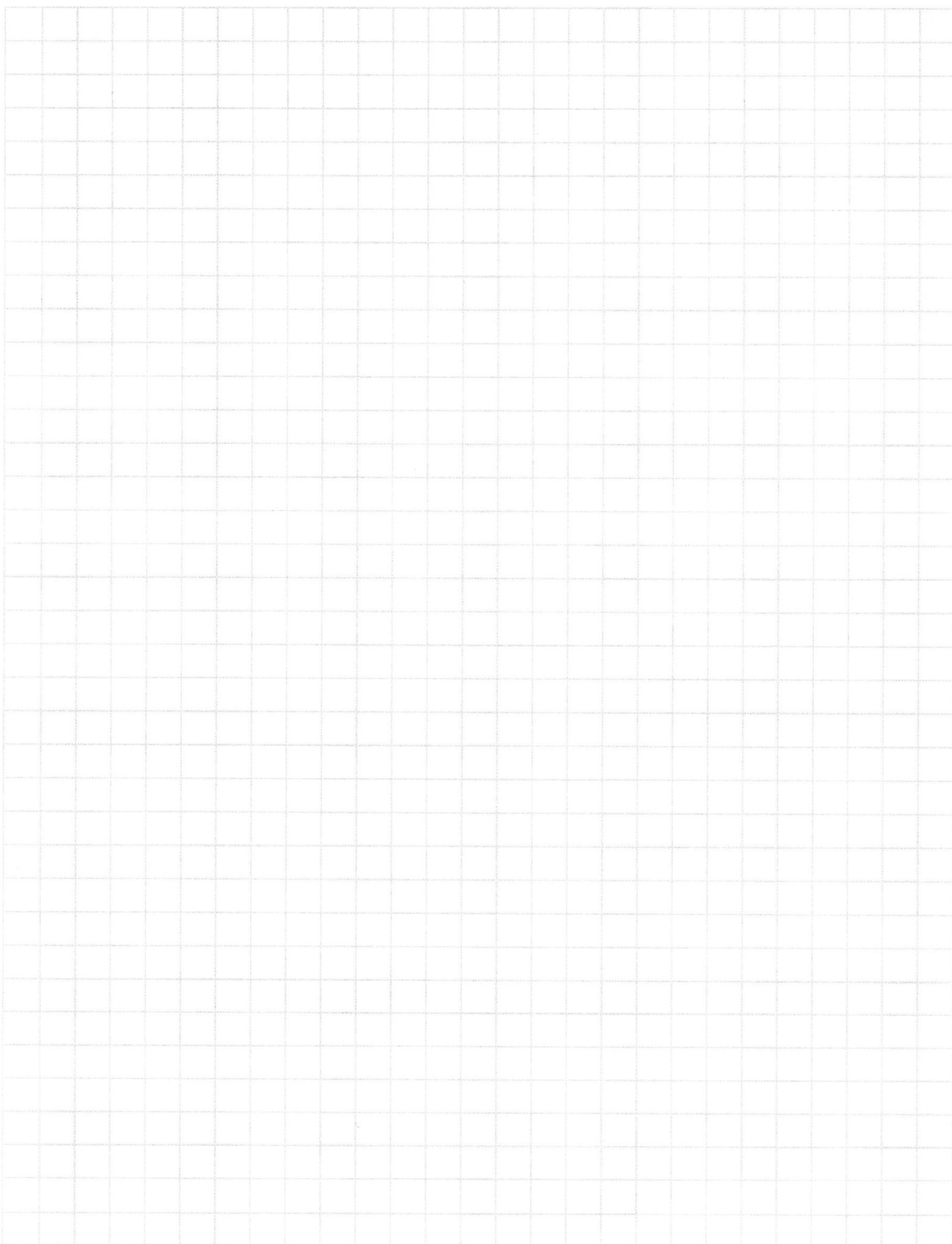
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!



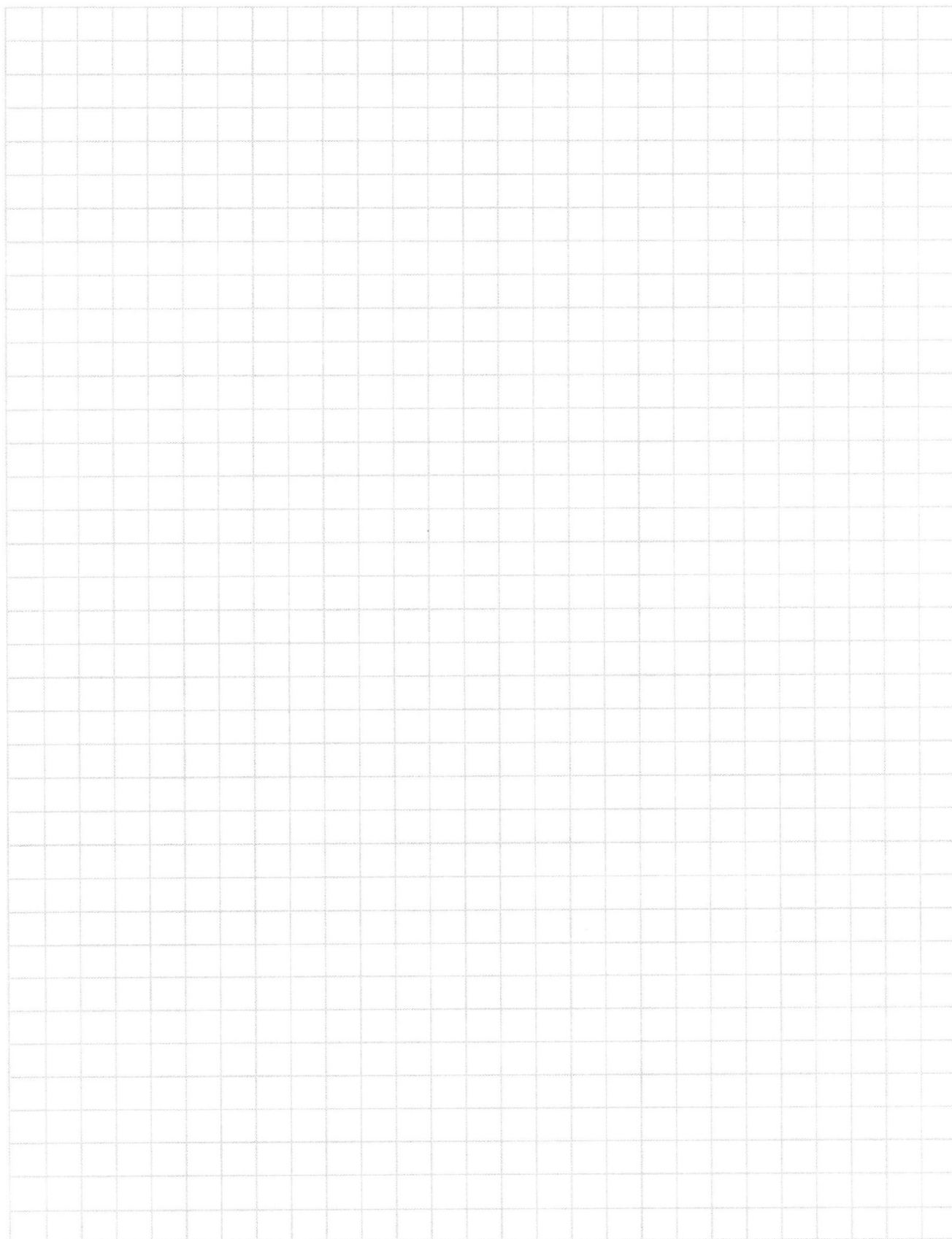


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

