



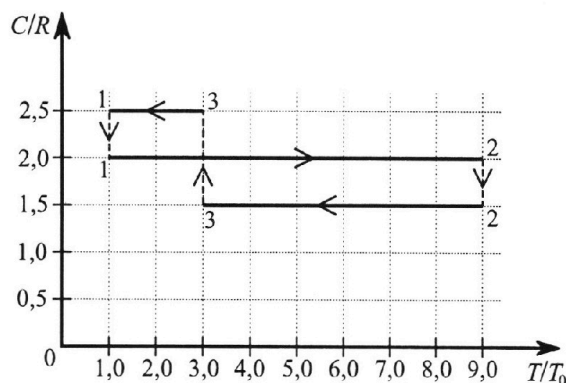
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270$ К.

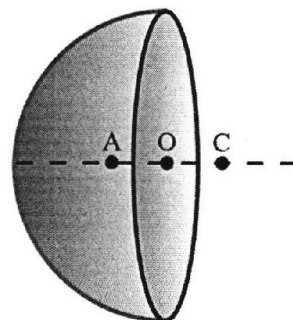


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



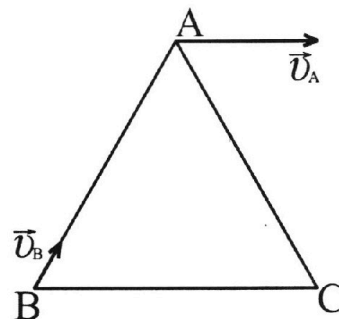
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

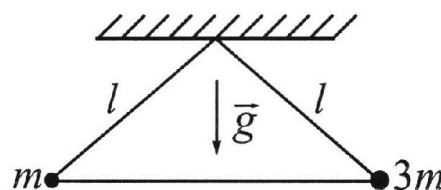
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

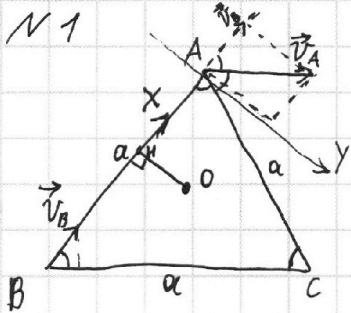


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$V_A = 0,8 \text{ м/с} \quad \alpha = 0,4 \text{ м}$$

1) Ох направлена вдоль BA.

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A \text{ в проекции на ось } X.$$

$$Ox: V_B = V_A \cdot \cos 60^\circ = 0,8 \cdot \frac{1}{2} = 0,4 \text{ м/с}$$

(т.к. B и A на одной прямой $\Rightarrow$ на оси X $V_B = V_A$)

$$2) \text{ Число оборотов } = 4 \cdot 2\pi = 8\pi$$

$$V = \frac{8\pi}{\omega}, \text{ где } \omega - \text{угловая скорость точки. или}$$

$$V = \frac{8\pi R}{T}, \text{ где } V - \text{линейная скорость точки.}$$

Пусть:

$$Oy \perp AB.$$

$$Oy: V_{Ay} = \sqrt{V_A^2 - V_B^2} = \sqrt{0,8^2 - 0,4^2} = \sqrt{0,64 - 0,16} = \sqrt{0,48} = 0,4\sqrt{3}$$

$$V_{Ay} = V_A \cdot \cos 30^\circ = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,4\sqrt{3} \quad (\text{тогда } V_0 = 0)$$

Видимое $V_A \parallel BC$, $V_B \parallel AC$, $V_C \parallel AB$, но по зад. $V_A \parallel BC$, а $V_B \parallel AB \Rightarrow V_0 \parallel V_A \parallel BC$

$$V_B = V'_B + V_0 \Rightarrow V'_B = V_B = V_0 \Rightarrow$$

центр масс движется

со $V_0 = V_B = 0,4 \text{ м/с}$, параллельно BC $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V'_A = V_A - V_0 = 0,8 - 0,4 = 0,4$$

(в точке A, относительно O.)

$$AO = \frac{2}{3} a \cos 30^\circ = \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{a}{2} = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 = \frac{0,4\sqrt{3}}{3}$$

$$T = \frac{8\pi R}{V'_A} = \frac{8\pi \cdot \frac{0,4\sqrt{3}}{3}}{0,4} = \frac{8\sqrt{3}}{3} \pi \text{ сек.}$$

3) центр масс и пластинка движется равномерно прямолинейно

$\Rightarrow$ на ленту действует центробежная сила

инерции (из-за вращения пластинки)

$$R = F_{\text{ин}} = m\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{R}{m}$$

$$R = F_{\text{ин}} = m\alpha = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4\sqrt{3} = 24\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

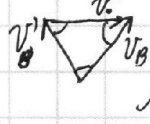
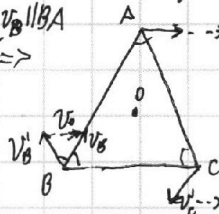
$$\sin 30^\circ = \frac{x}{\frac{a}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow x = \frac{a}{4}$$

$$AH = a \cdot \cos 30^\circ$$

$$OH = \frac{1}{3} AH = \frac{1}{3} a \cdot \cos 30^\circ = \frac{1}{3} a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{6} a$$

$$0,4\sqrt{3} \cdot \cos 30^\circ = 0,4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,2 \cdot 3 = 0,6$$

Если $V_A \parallel BC$,
 $V_B \parallel AC$, $V_C \parallel AB$,
тогда $V_0 = 0$, но
 $V_A \parallel BC \Rightarrow$
 $V_0 \parallel BC$,



центр масс движется
со $V_0 = V_B = 0,4 \text{ м/с}$, параллельно BC $\Rightarrow$



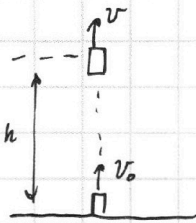
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N 2



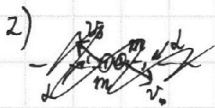
1) $v = 4 \text{ м/с}$ $h = 11,2 \text{ м}$ $H = ?$

$h = \frac{v_0^2}{2g}$ $H = h + \Delta h$

$\Delta h = v t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{v^2}{g} - \frac{g v^2}{g^2 \cdot 2} = \frac{v^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$

$0 = v - g t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{v}{g}$

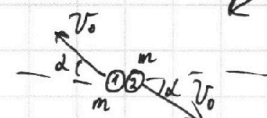
$H = h + \Delta h = 11,2 + 0,8 = \boxed{12 \text{ м}}$



На макс. высоте ускорения $v = 0$.

он разрывается на два одинаковых осколка $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ по закону сохр. импульса эти осколки летят одинак. v , и ~~одинак.~~ $v_1 \uparrow v_2 \Rightarrow$



$L_1 = v_0 \cos \alpha t_1$

$L_2 = v_0 \cos \alpha t_2$

$0 = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} + H$

$0 = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{g t_2^2}{2} + H$

$t_1 = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{-g}$

$t_2 = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{-g}$

$v_0 \sin \alpha t - \frac{g}{2} t^2 + H = 0$
 $t = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{-g}$

$L_1 + L_2 = v_0 \cos \alpha t_1 + v_0 \cos \alpha t_2$

$t_1, t_2 > 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$ $t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$

$v_0 \sin \alpha < \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$
 $v_0^2 \sin^2 \alpha < v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow$

$L = L_1 + L_2 = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot (v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}) + v_0 \cos \alpha (v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH})}{g}$

$\frac{2 v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}{g}$

$\leftarrow \text{это макс, если } \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 90^\circ$

$2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \Rightarrow 4 v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH) = 4 v_0^4 \sin^2 \alpha + 8 v_0^2 g H \cos^2 \alpha$
 $= \cos^2 \alpha (4 v_0^4 - 4 v_0^4 \cos^2 \alpha + 4 v_0^2 g H) \leftarrow \text{max, если } \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$

$L_{\max} \Leftrightarrow \alpha = 0^\circ$

$L_{\max} = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH)}{g} = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)}{g}$

$= \frac{2 \cdot 16 \cdot \cos^2 \alpha (16 \sin^2 \alpha + 2 \cdot 10 \cdot 12)}{10} = \frac{2 \cdot 16 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 12}}{10}$

$= \frac{32 \sqrt{240}}{10} = \frac{32 \cdot 2 \sqrt{60}}{10} = \boxed{6,4 \sqrt{60} \text{ м}}$

$x^2 + 4x + 4 = 0$
 $x = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 16}}{2} = -2$

$4 v_0^2 g H \cos^2 \alpha$
 $2 v_0^2 - v_0^2 + 2 v_0^2 g H = v_0^2 + 2 g H v_0^2$
 $v_0^4 = 16^4 = 4 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 12 = 480000$
 $16^4 = 256 < 480$



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!

N 3

1) $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$
 $(1,2l)^2 = l^2 + l^2 - 2l \cdot l \cos \varphi = 2l^2 - 2l^2 \cos \varphi = 2l^2(1 - \cos \varphi)$
 $1 - \cos \varphi = \frac{1,44l^2}{2l^2} = \frac{1,44}{2}$
 $\cos \varphi = 1 - \frac{1,44}{2} = 1 - 0,72 = 0,28$
 $\cos \gamma = \frac{0,6l}{l} = 0,6 \Rightarrow \sin \gamma = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$

Отм. 0: $mg \cdot l \cos \gamma \neq 3mg \cdot 0,6l$ $mg \cdot 0,6l \neq 3mg \cdot 0,6l \Rightarrow$

$\vec{a}_1 \perp OA \Rightarrow$ после нескольких нахождений равных углов $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \alpha = 90 - \gamma$ $\sin \alpha = \sin(90 - \gamma) = \cos \gamma = 0,6$

2) $3mg \cdot 0,6l - mg \cdot 0,6l = 2mg \cdot 0,6l \Rightarrow$ можно перейти к эквивалентной системе:

$|\vec{a}_2| = g \cdot \cos \gamma = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ м/с}^2$

3) Т тержка для шарика 3m на самом деле является сила сопротивления шарика m.
 $T = ma_1 = ma_2 \cos \alpha = ma_2 \cos(90 - \gamma) = ma_2 \sin \gamma = 0,08 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 0,8 = 0,08 \cdot 0,8 \cdot 6 = 0,384 \text{ Н}$

$\begin{array}{r} 0,1064 \\ \times 0,384 \\ \hline 0,384 \end{array}$



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!

N 4

$$C_p = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 3-1-изобарный

$$C_v = \frac{i}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 2-3-изохорный

$i=3$ (одноатомный)

1)

~~в Т.1 (P₀; V₀) $\rightarrow$ (1; 1)~~
~~в Т.2 T=3T₀, $\Delta A = \dots \rightarrow V = \frac{1}{3} V_0$~~

~~из Т.2 T умн. в 3 раза $\rightarrow$ (3; 1/3)~~

1-2-процесс увелич. температуры

$$pV = \nu R T_0 \Rightarrow p=3p_0, V=V_0$$

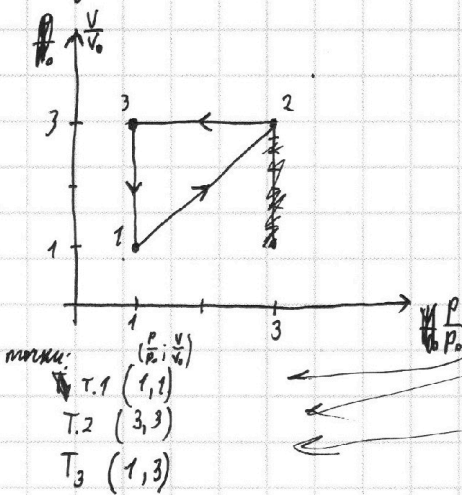
(равномерно увелич. p и V)

2-3-изохорный; T умн. в 3 раза $\Rightarrow$

p умн. в 3 раза.

3-1-изобарный; T уменьшилось в 3 раза $\Rightarrow$

$\Rightarrow V$ умн. в 3 раза.



2) $A_1 = \frac{(3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 2p_0 \cdot 2V_0/2 = 2p_0 V_0$

$$p_0 V_0 = \nu R T_0 = 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 810 \cdot 8,31 = 6731,1 \text{ Дж}$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 2 \cdot 6731,1 = 13462,2 \text{ Дж}$$

3) $A_{\text{всех}} = 15 \cdot \frac{A_1}{2} = 15 \cdot 6731,1$

$$A_{\text{всех}} = F \cdot S \Rightarrow S = A_{\text{всех}} / F = \frac{15 \cdot 6731,1}{250 \cdot 10} = \frac{100966,5}{2500} \approx 40 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 810 \\ \hline 6648 \\ 8310 \\ \hline 6731,10 \end{array} \quad \begin{array}{r} 8270 \\ \times 810 \\ \hline 6616 \\ 8270 \\ \hline 810 \end{array}$$



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
☒

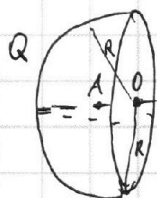
6
☐

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!

N 5



$AO = OC$

1) $F_k = \cancel{k \frac{|q_1| |q_2|}{R^2}}$ $k \frac{|q_1| |q_2|}{R^2}$

$$V_0 = 0 + \alpha t_1$$

$$V_0 = 0 + \frac{F_k}{m} t_1$$

$$\alpha = \frac{F_k}{m}$$



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
☐

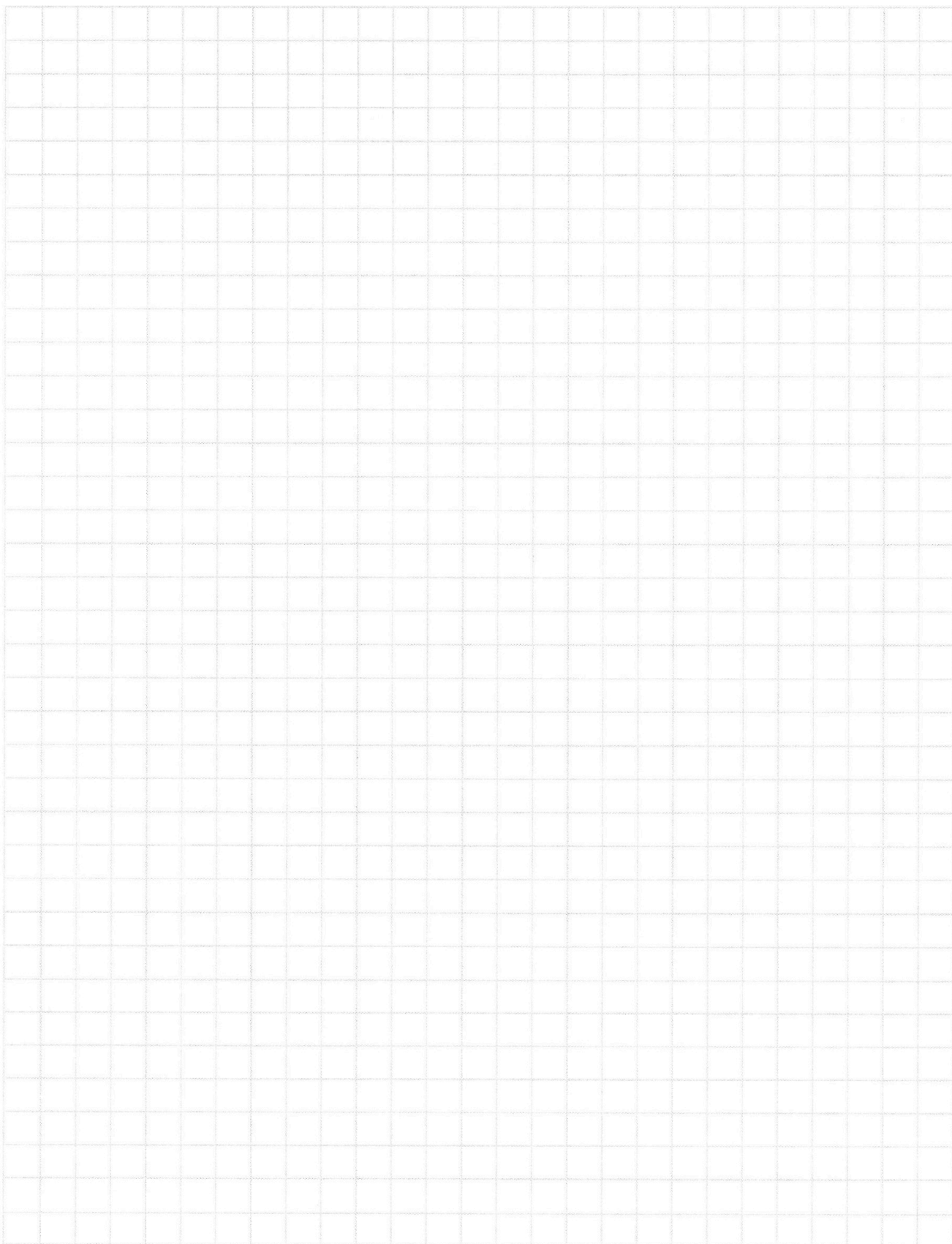
5
☐

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
☐

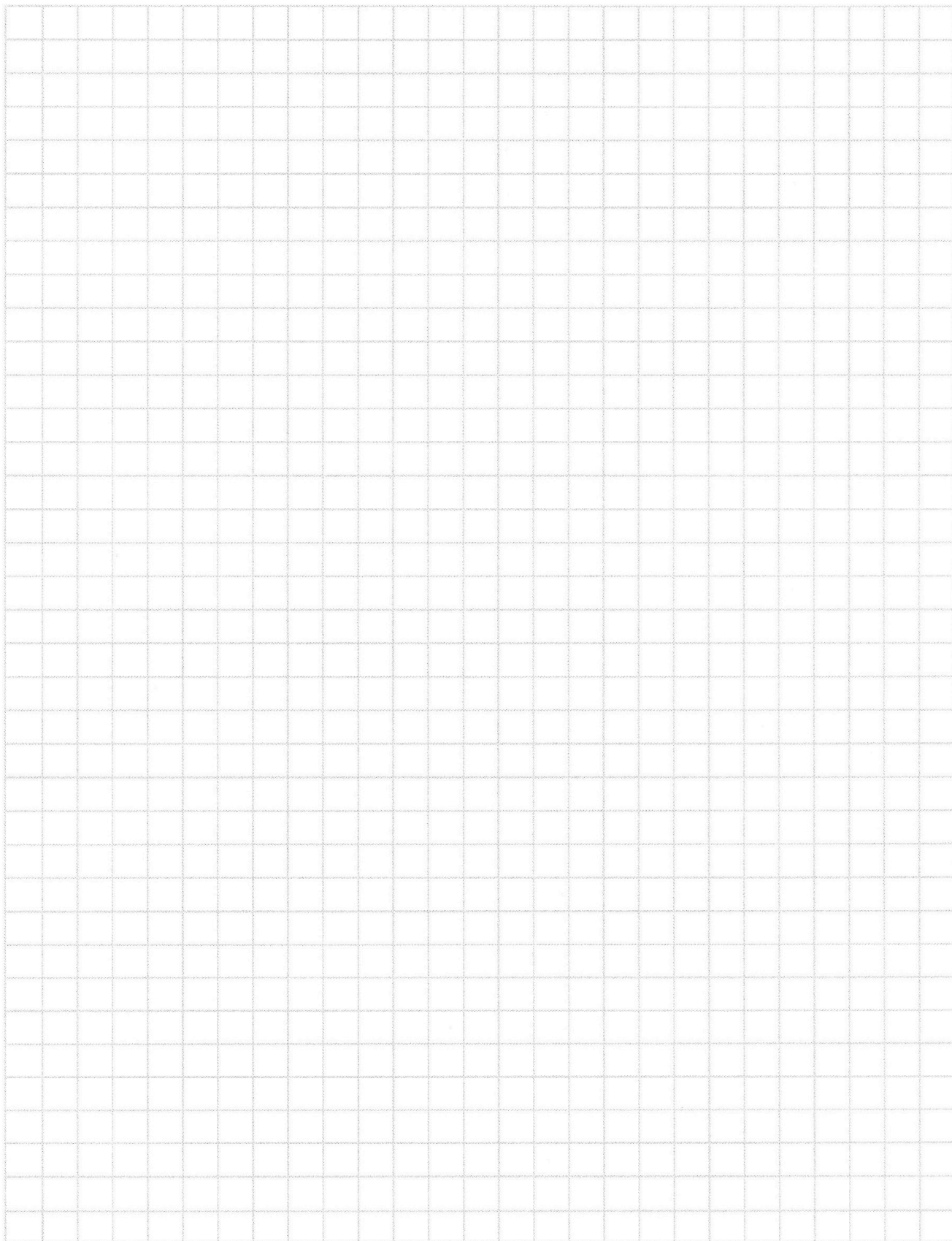
5
☐

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
☐

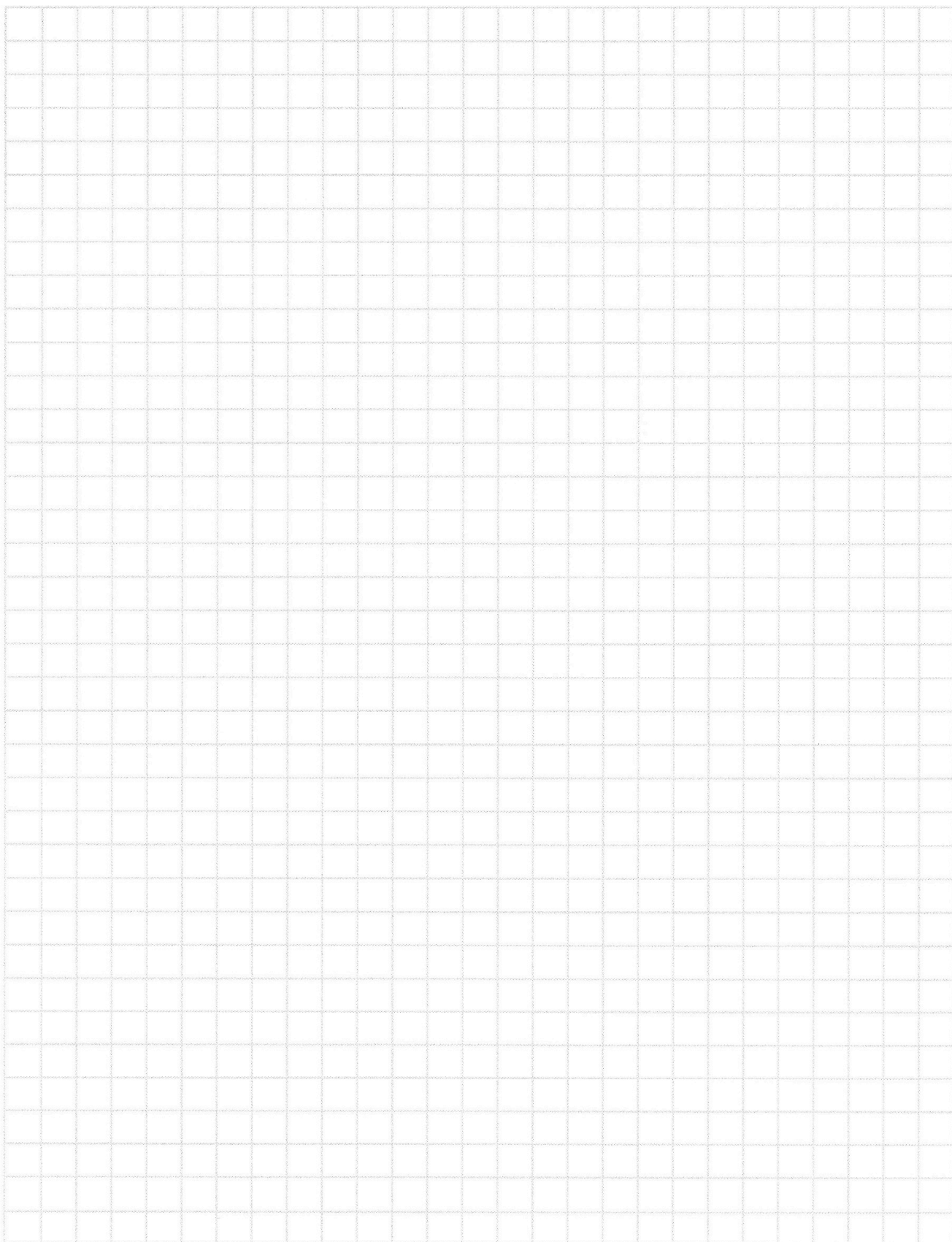
5
☐

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!



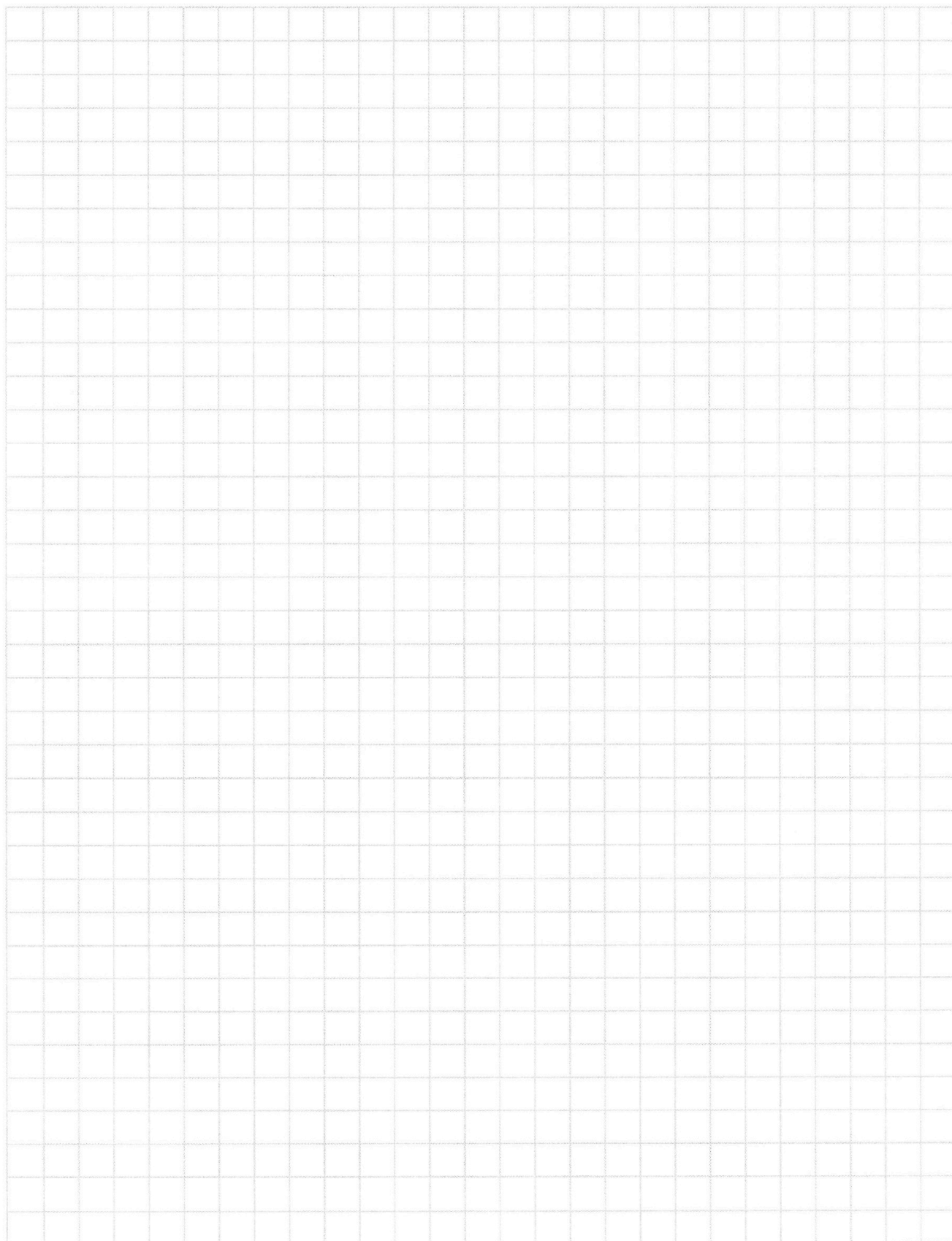


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

