



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 09-01

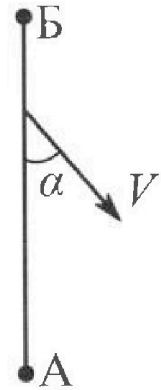


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту  $A \rightarrow B$  в безветренную погоду составляет  $T_0=400$  с. Расстояние  $AB$  равно  $S=9,6$  км.

1. Найдите скорость  $U$  аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью  $V = 16$  м/с под углом  $\alpha$  к прямой  $AB$  (см. рис.) таким, что  $\sin \alpha = 0,6$ .



2. Найдите продолжительность  $T_1$  полета по маршруту  $A \rightarrow B$  в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна  $U$ .

3. При каком значении угла  $\alpha$  продолжительность полета по маршруту  $A \rightarrow B \rightarrow A$  максимальная? Движение аппарата прямолинейное.

4. Найдите максимальную продолжительность  $T_{MAX}$  полета по маршруту  $A \rightarrow B \rightarrow A$ . Движение аппарата прямолинейное.

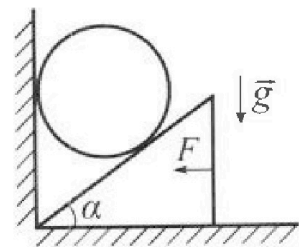
2. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 2$  с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол  $2\beta = 60^\circ$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Найдите продолжительность  $T$  полета от старта до падения на площадку.

2. Найдите максимальную высоту  $H$  полета.

3. Найдите радиус  $R$  кривизны траектории в момент времени  $t_1 = 1$  с.

3. Клин с углом при вершине  $\alpha = 30^\circ$  находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина покоится однородный шар (см. рис.), касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны  $m=1$  кг. Трения нет. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1. Найдите горизонтальную силу  $F$ , которой систему удерживают в покое.

Силу  $F$  снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на  $H=0,8$  м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2. Найдите перемещение  $h$  шара после соударения до первой остановки.

3. Найдите ускорение  $a$  клина в процессе разгона.

4. При каком значении угла  $\alpha$  ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение  $a_{MAX}$  клина.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

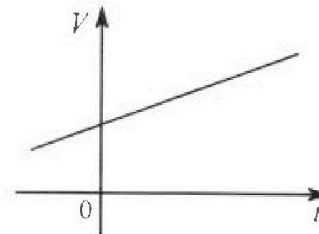
Вариант 09-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками  $t_1 = 35^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 42^\circ\text{C}$  равно  $L=5$  см. В термометре находится  $m=2$  г ртути.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема  $V$  ртути от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$  объем ртути в  $\beta = 1,018$  раза больше объема ртути при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Плотность ртути при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  считайте равной  $\rho = 13,6$  г/см<sup>3</sup>. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

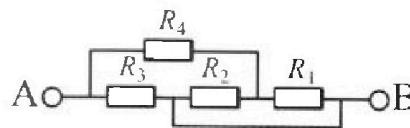


1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема  $V(t)$  ртути от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины:  $m$ ,  $\rho$ ,  $\beta$ ,  $t_0$ ,  $t_{100}$ ,  $t$ .
2. Найдите приращение  $\Delta V$  объема ртути при увеличении температуры от  $t_1 = 35^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 42^\circ\text{C}$ . В ответе приведите формулу и число в мм<sup>3</sup>.
3. Найдите площадь  $S$  поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм<sup>2</sup>.

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом,  $R_3 = 10$  Ом,  $R_4 = 6$  Ом.

1. Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{ЭКВ}$  цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного напряжения  $U=10$  В.



2. Найдите мощность  $P$ , которая рассеивается на всей цепи.
3. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность  $P_{MIN}$ .



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!

Дано:

$$T_0 = 4000$$

$$S = 9,6 \text{ km}$$

$$u = 16 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$v = ?$

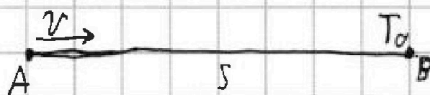
$T_1 = ?$

$\alpha_0 = ?$

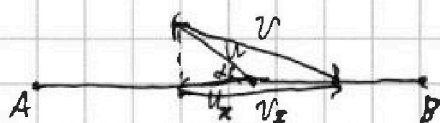
$T_{\text{max}} = ?$

N 1.

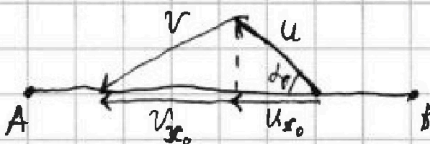
Без ветра:



С ветром A → B:



С ветром B → A:



$$1. v = \frac{S}{T_0} = 24 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$2. T_1 = \frac{S}{v_x - u_x}$$

$$u_x = u \cdot \cos \alpha$$

$$v_x = \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2}$$

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

~~$$T_1 = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} - u \cdot \cos \alpha}$$~~

$$T_1 = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} - u \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

~~$$= \frac{9600}{\sqrt{24^2 - (16 \cdot 0,6)^2} - 16 \cdot 0,8} = \frac{9600}{\sqrt{576 - 86,4} - 12,8} = \frac{9600}{21,6 - 12,8} = \frac{9600}{8,8} = 1090,9 \text{ c}$$~~

~~$$T_1 = \frac{2400}{\sqrt{4^2 - 4^2 \cdot 2,4^2} - 4 \cdot 3,2} = \frac{2400}{\sqrt{16 - 38,4} - 12,8} = \frac{2400}{-2,4 - 12,8} = \frac{2400}{-15,2} = -157,9 \text{ c}$$~~

$$= \frac{6000}{3\sqrt{27} - 8} \text{ c}$$

$$3. T_{\text{max}} = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha_0)^2} - u \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_0}} + \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha_0)^2} + u \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_0}}$$

$$= \frac{2S \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha_0)^2}}{v^2 - (u \cdot \sin \alpha_0)^2 - u^2 + (u \cdot \sin \alpha_0)^2} = \frac{2S \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha_0)^2}}{v^2 - u^2}$$

$T_{\text{max}} = \text{max}$ , при  $\sin \alpha_0 = 0$   
 $\alpha_0 = 0^\circ$   
 $\alpha_0 = 0$

~~$$T_{\text{max}} = \frac{2S \cdot \sqrt{v^2 - u^2}}{v^2 - u^2} = \frac{2 \cdot 9600}{24^2 - 16^2} = \frac{2 \cdot 9600}{576 - 256} = \frac{2 \cdot 9600}{320} = \frac{2 \cdot 2400}{8} = 600 \text{ c}$$~~

$$T_{\text{max}} = \frac{2S \cdot v}{v^2 - u^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{8^2 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 2400}{5} = 1440 \text{ c}$$

Ответ:  $v = 24 \frac{\text{m}}{\text{c}}$ ,  $T_1 = \frac{6000}{3\sqrt{27} - 8}$ ,  $\alpha_0 = 0^\circ$ ,  $T_{\text{max}} = 1440 \text{ c}$ .



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!

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ c}$$

$$t_2 = 2 \text{ c}$$

$$2\beta = 60^\circ$$

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

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$$

$T$  - ?

$H$  - ?

$R_{\text{кр}}$  - ?

N 2.

Решение.

Если в плоскости модули скорости равны в разные

моменты времени, то мяч

в эти моменты находится на одной высоте относительно земли.

$$T = t_1 + (t_2 - t_1) + t_1 = t_1 + t_2 = 3 \text{ c}$$

$$t_3 = t_1 + (t_2 - t_1) = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1,5 \text{ c}$$

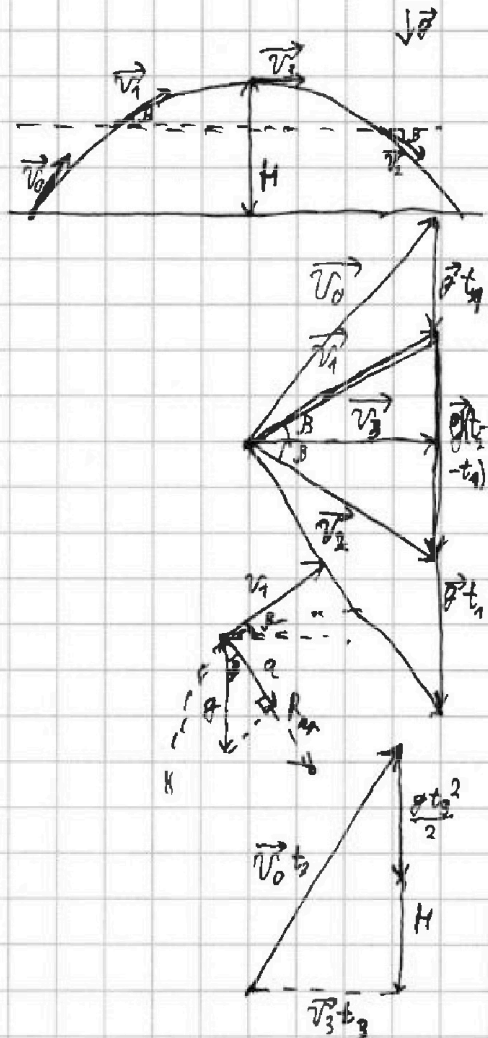
$$H = \frac{g t_3^2}{2} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = \frac{10 \cdot 2,25}{2} = \frac{22,5}{2} = 11,25 \text{ м}$$

$$g(t_2 - t_1)^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot \cos 2\beta \cdot v_1 \cdot v_2$$

$$v_1 = g \cdot (t_2 - t_1) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \alpha = \cos \beta \cdot g = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{v_1^2}{\alpha} = \frac{100}{5\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

Ответ:  $T = 3 \text{ c}$ ,  $H = 11,25 \text{ м}$ ,  $R_{\text{кр}} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$ .



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 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!

№ 3

Дано

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

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

$$F = ?$$

$$h = ?$$

$$\alpha = ?$$

$$\alpha_{\text{max}} = ?$$

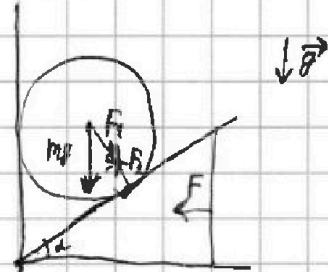
$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = mg \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_2 = F \cdot \sin 30^\circ$$

$$F = \frac{mg \cdot \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 8.7 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

ответ:  $F =$



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!

№4.

Дано:

$$t_1 = 35^\circ\text{C} \quad V_{100} = V_0 \cdot \beta \quad V_0 = \frac{m}{\rho}$$

$$t_2 = 42^\circ\text{C} \quad V_{100} = V_0 + \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$$

$$L = 5 \text{ см} \quad V_0(\beta - 1) = \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$$

$$m = 2 \text{ г} \quad \alpha = \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho}$$

$$t_{100} = 100^\circ\text{C} \quad \beta = 1,018$$

$$V_{100} = V_0 \cdot \beta$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$\rho = 13,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$


---

$V(t) = \alpha \cdot t + V_0 = \frac{m}{\rho} + \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho} \cdot t$

$$= \frac{m}{\rho} \left( 1 + \frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} \right)$$

$$\Delta V = V(t_2) - V(t_1) = \frac{m}{\rho} \left( 1 + \frac{(\beta - 1)t_2}{t_{100} - t_0} \right) - \frac{m}{\rho} \left( 1 + \frac{(\beta - 1)t_1}{t_{100} - t_0} \right) = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho(t_{100} - t_0)}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 7}{13,6 \cdot 100} \text{ см}^3 = \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 7 \cdot \text{см}^3}{10000 \cdot 13,6} = \frac{53}{34 \cdot 10000} \text{ см}^3 = \frac{53}{340} \text{ см}^3$$


---

$S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{53}{340 \cdot 50} \text{ мм}^2 = \frac{53}{17000} \text{ мм}^2$

$S = ?$

Ответ:  $V(t) = \frac{m}{\rho} \left( 1 + \frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} \right)$ ,  $\Delta V = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho \cdot (t_{100} - t_0)} = \frac{53}{340} \text{ см}^3$ ,  
 $S = \frac{53}{17000} \text{ мм}^2$ .



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!

Дано:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом}$$

~~R<sub>3</sub> = ?~~

$$R_3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 5 \text{ Ом}$$

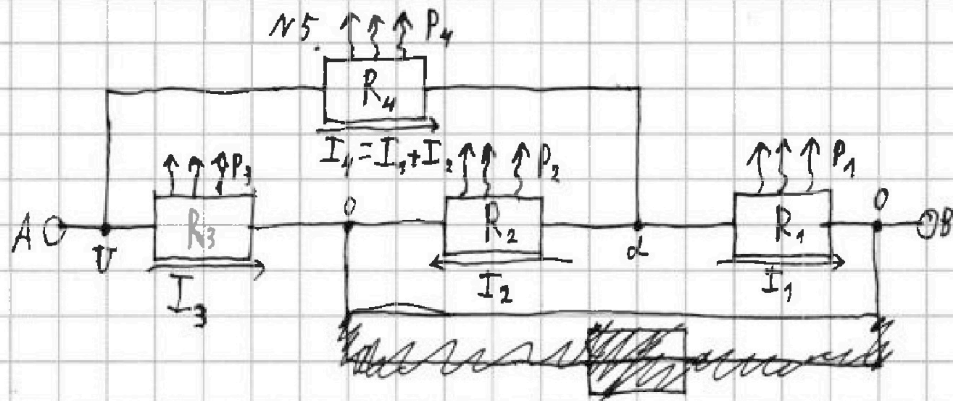
Схема

$$U = 10 \text{ В}$$

$R_{\text{экв}} = ?$

$P = ?$

$P_{\text{min}} = ?$



Резистор  $n$  имеет сопротивление  $R_n$ , силу тока через него равна  $I_n$ , а также на нем рассеивается мощность  $P_n$ .

$$1) \left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{d-0}{R_1} \\ I_2 = \frac{d-0}{R_2} \\ I_3 = \frac{U-0}{R_3} \\ I_4 = \frac{U-d}{R_4} \\ I_4 = I_1 + I_2 \end{array} \right. \quad 2) \frac{U-d}{R_4} = \frac{d-0}{R_1} + \frac{d-0}{R_2}$$

$$U \cdot (R_1 R_2) = d(R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4)$$

$$d = \frac{U \cdot R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4} = \frac{10 \text{ В} \cdot 100 \text{ Ом}^2}{100 \text{ Ом}^2 + 30 \text{ Ом}^2 + 120 \text{ Ом}^2} = 4 \text{ В}$$

$$3) \left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{d-0}{R_1} = 0,8 \text{ А} \\ I_2 = \frac{d-0}{R_2} = 0,2 \text{ А} \end{array} \right.$$

$$I_3 = \frac{U-0}{R_3} = 1 \text{ А} \quad I_4 = \frac{U-d}{R_4} = 1 \text{ А} \quad R_{\text{экв}} = \frac{U}{I_{\text{сеч}}} = \frac{U}{I_3 + I_4} = 5 \text{ Ом}$$

$$4) P_1 = (d-0) \cdot I_1 = 3,2 \text{ Вт} \quad P_2 = (d-0) \cdot I_2 = 0,8 \text{ Вт} \quad P_3 = (U-0) \cdot I_3 = 10 \text{ Вт}$$

$$P_4 = (U-d) \cdot I_4 = 6 \text{ Вт} \quad P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 20 \text{ Вт} \quad P_{\text{min}} = P_2 = 0,8 \text{ Вт}$$

Ответ:  $R_{\text{экв}} = 5 \text{ Ом}$ ,  $P = 20 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{min}} = 0,8 \text{ Вт}$ .

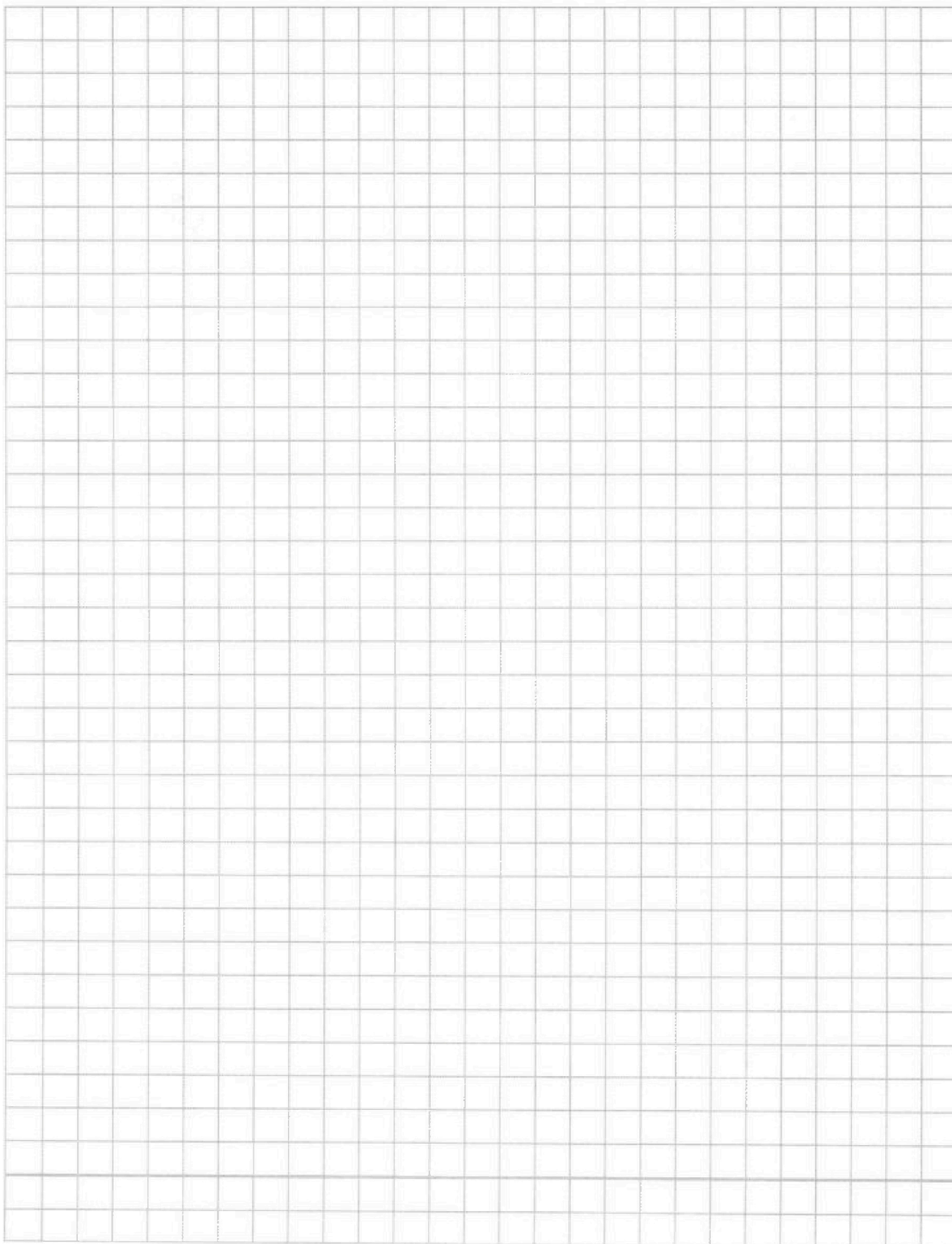


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!





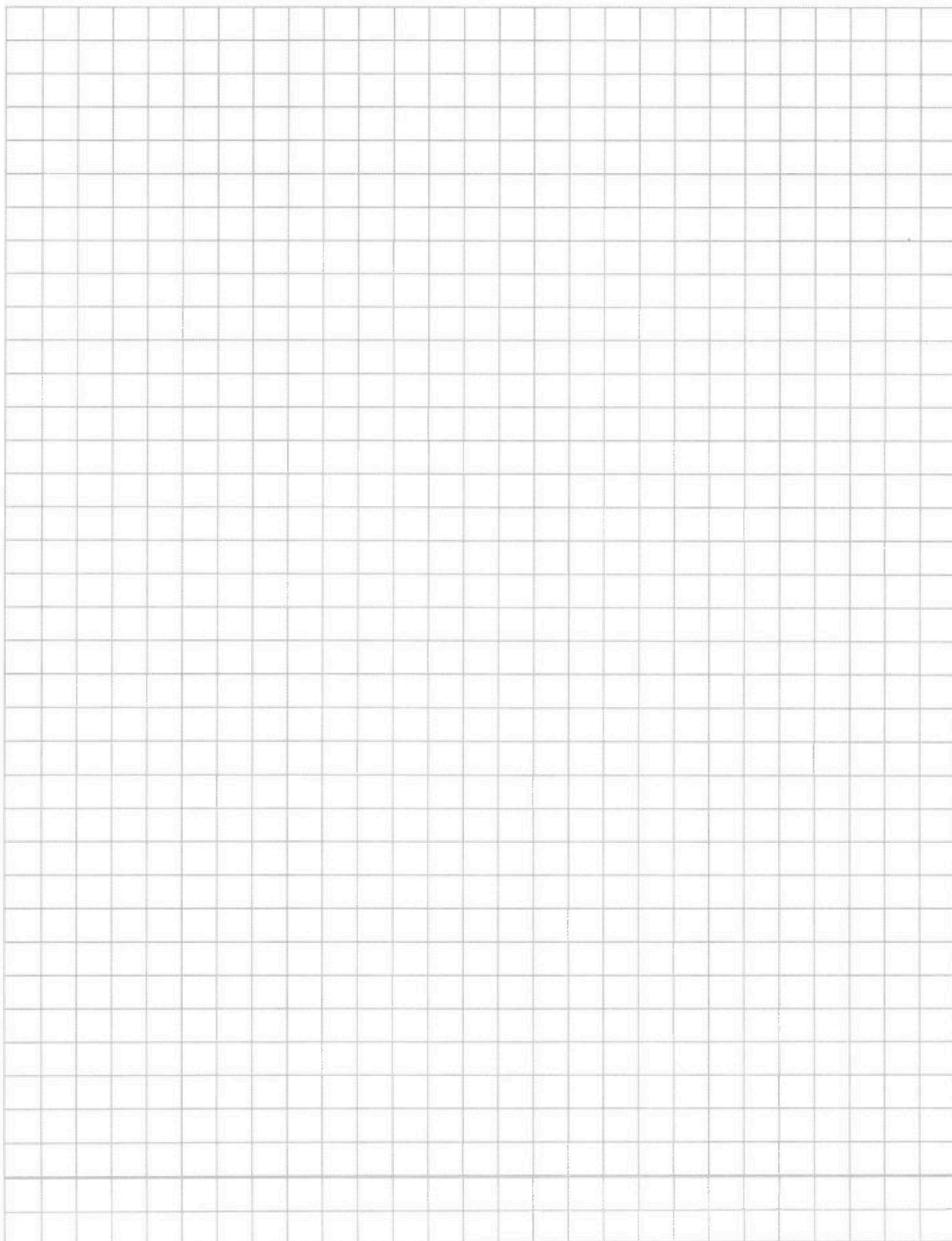


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!



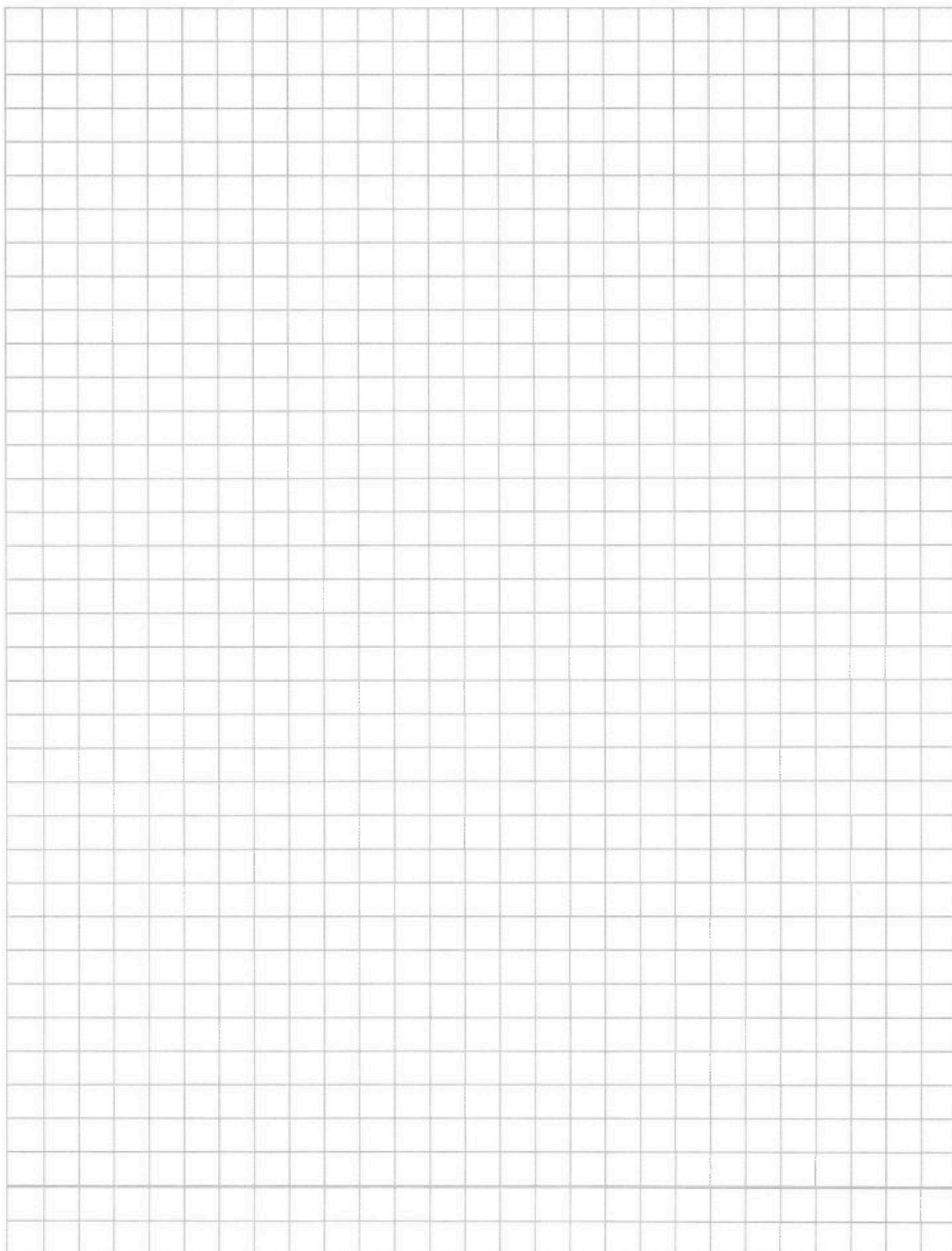


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!



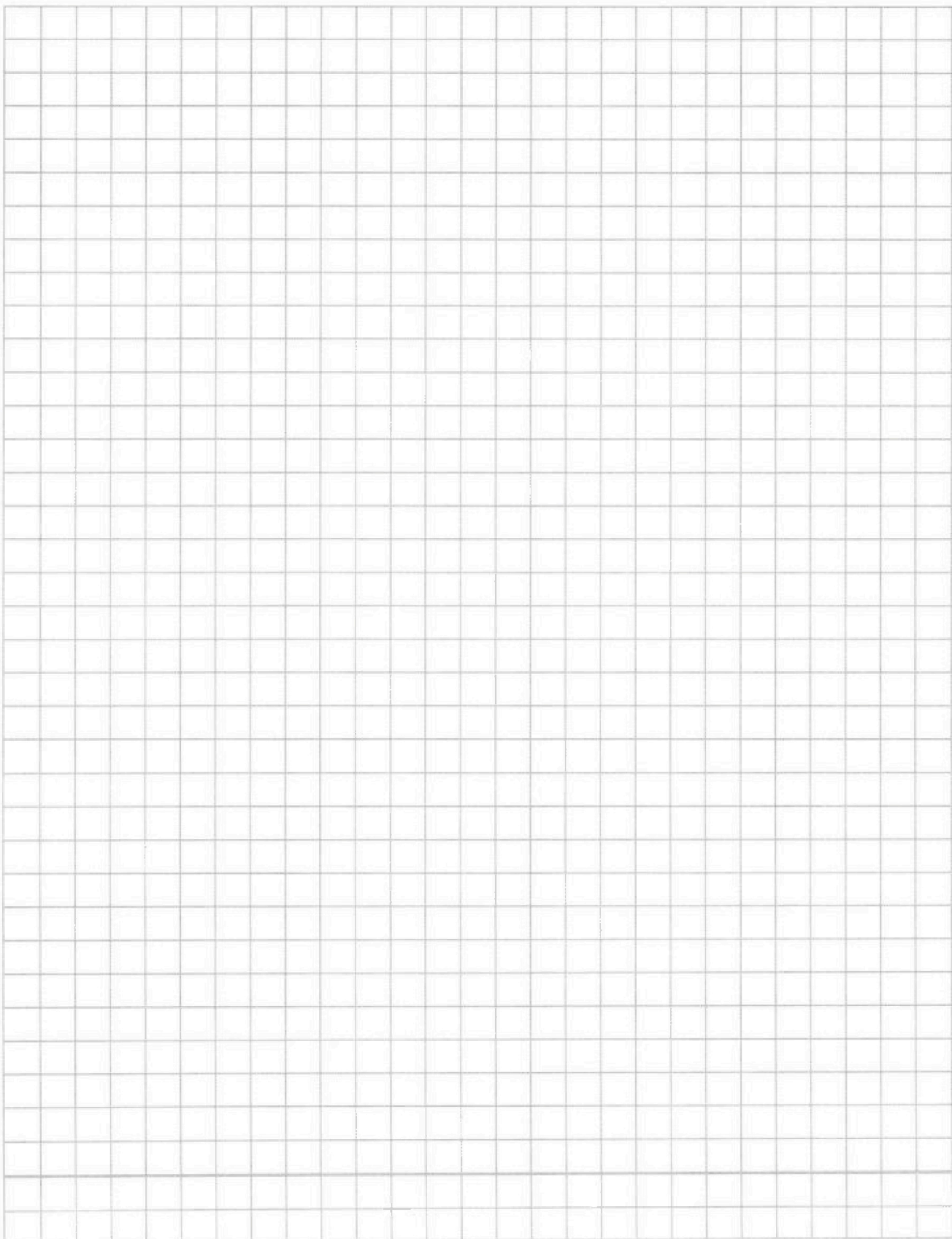


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

