



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

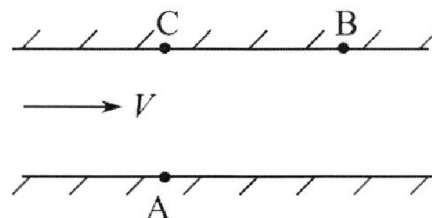
Вариант 09-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

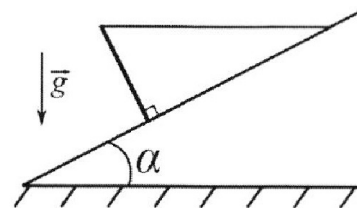
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

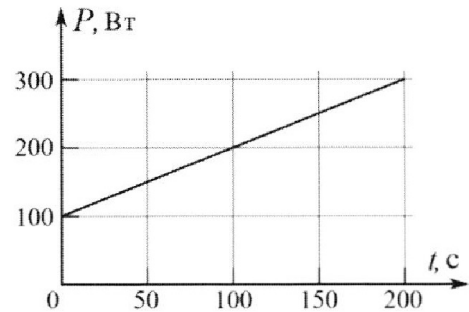


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$).

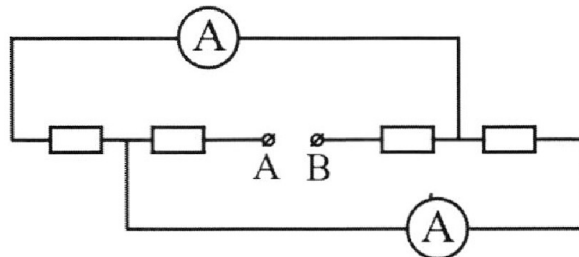


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?



1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача №1

Решение.

Дано:

$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$v_1 = ?$$

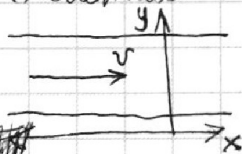
$$v_2 = ?$$

$$v = ?$$

$$S = ?$$

Обозначим за v_n скорость пловца в системе отсчёта, связанной с водой.

Пусть v_{1x} и v_{1y} — ~~горизонтальная~~ горизонтальная и вертикальная проекции скорости пловца в системе отсчёта, связанной с водой в первом заплыве. Аналогично определим v_{2x} и v_{2y} .



$$\begin{cases} v_{1y} \cdot T_1 = d & (1) \Rightarrow v_{1y} = \frac{d}{T_1} = \frac{50 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_{2y} \cdot T_2 = d & (2) \Rightarrow v_{2y} = \frac{d}{T_2} = \frac{50 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{5}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ (v + v_{1x}) \cdot T_1 = L & (3) \Rightarrow v = \frac{L}{T_1} - v_{1x} \\ (v + v_{2x}) \cdot T_2 = L & (4) \Rightarrow v = \frac{L}{T_2} - v_{2x} \end{cases} \Rightarrow \frac{L}{T_1} + v_{1x} = \frac{L}{T_2} + v_{2x} \quad (7)$$

$$\begin{cases} v_{1x}^2 + v_{1y}^2 = v_n^2 & (5) \Rightarrow v_{1x} = \sqrt{v_n^2 - v_{1y}^2} & (8) \\ v_{2x}^2 + v_{2y}^2 = v_n^2 & (6) \Rightarrow v_{2x} = \sqrt{v_n^2 - v_{2y}^2} & (9) \end{cases}$$

Подставим (8) и (9) в (7):

$$\begin{aligned} \frac{L}{T_1} + \sqrt{v_n^2 - v_{1y}^2} &= \frac{L}{T_2} + \sqrt{v_n^2 - v_{2y}^2} \\ 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \sqrt{v_n^2 - 0,25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} &= 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \sqrt{v_n^2 - \frac{25}{576} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} \\ 0,49 &= 1,4 \sqrt{v_n^2 - 0,25} + \sqrt{v_n^2 - 0,25} \approx \sqrt{v_n^2 - 0,0434} \\ 1,4 \sqrt{v_n^2 - 0,25} &= 0,2834 \\ \sqrt{v_n^2 - 0,25} &\approx 0,2024 \\ \sqrt{v_n^2 - 0,25} &\approx 0,2024 \\ v_n^2 - 0,25 &\approx 0,041 \\ v_n^2 &\approx 0,291 \\ v_n &\approx 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_{1x} &= \sqrt{0,291 - 0,25} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_{2x} &= \sqrt{0,291 - 0,0434} \approx 0,49 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v &= \frac{L}{T_1} - v_{1x} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= \sqrt{(v_{1x} + v)^2 + v_{1y}^2} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ v_2 &= \sqrt{(v_{2x} + v)^2 + v_{2y}^2} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 1,44 \\ + 0,25 \\ \hline 1,69 \\ \sqrt{} \\ 1,69 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 480 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25,00 \overline{) 576} \\ 23,04 \overline{) 576} \\ \hline 2,960 \\ - 1,928 \\ \hline 1,032 \\ - 0,816 \\ \hline 0,216 \\ - 0,216 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2400 \\ + 0,0434 \\ \hline 0,2834 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,834 \overline{) 14} \\ - 2,8 \\ \hline 0,4 \\ - 0,392 \\ \hline 0,008 \\ - 0,008 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ - 28 \\ \hline 60 \\ - 56 \\ \hline 4 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2024 \\ \times 35 \\ \hline 10120 \\ + 60720 \\ \hline 70944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4048 \\ \times 53 \\ \hline 12144 \\ + 20240 \\ \hline 21384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 159 \\ + 265 \\ \hline 424 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2809 \\ \times 54 \\ \hline 11236 \\ + 140360 \\ \hline 151596 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,809 \\ \times 54 \\ \hline 1,51596 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,809 \\ \times 54 \\ \hline 1,51596 \end{array}$$



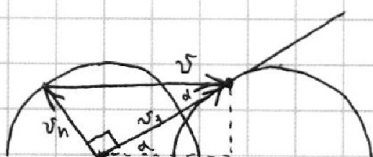
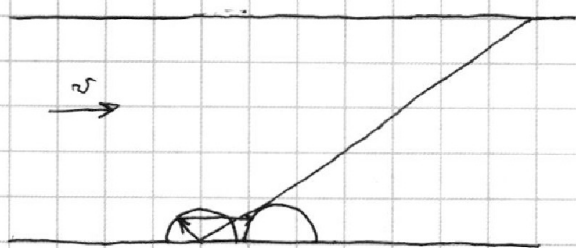
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

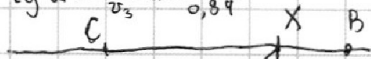
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$v_s = \sqrt{v^2 - v_n^2} = \sqrt{1,709 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \approx 0,84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$\tan \alpha = \frac{v_n}{v_s} = \frac{0,54}{0,84}$$



$$CX = \frac{d}{\tan \alpha} = \frac{120 \cdot 0,84}{0,54} \approx 78 \text{ m}$$

$$S = L - CX = 120 \text{ m} - 78 \text{ m} = 42 \text{ m}$$

Given: $v_1 = 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $v_2 = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $S = 42 \text{ m}$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 85 \\ \hline 425 \\ + 680 \\ \hline 4225 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 84 \\ \hline 326 \\ + 642 \\ \hline 4056 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 8,4 \\ \times 5 \\ \hline 42,0 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 42 \overline{) 0,54} \\ \underline{378} \\ 578 \\ \underline{578} \\ 0 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 120 \\ - 78 \\ \hline 42 \end{array}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача №2



Пусть l — расстояние от точки падения мяча до стены.

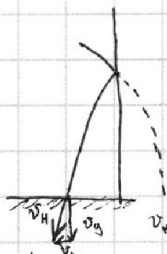
Пусть h — расстояние от точки старта до стены — $3l$.

Пусть t — время полёта мяча до удара об стену.

$$\begin{cases} v_x t = 3l \\ v_x t_1 = l \end{cases}$$

$$t = 3 \frac{l}{v_x} = 3t_1$$

$$\begin{cases} v_y t - g \frac{t^2}{2} = h(1) \\ v_y t_1 - g \frac{t_1^2}{2} = h(2) \end{cases}$$



v_0 — начальная скорость

$$(1) \Rightarrow v_y = \frac{gt}{2} + \frac{h}{t} = 1,5gt_1 + \frac{h}{3t_1}$$

Подставим в (2):

$$1,5gt_1^2 + \frac{h}{3} + 0,5gt_1^2 = h$$

$$2gt_1^2 = \frac{2h}{3}$$

$$t_1^2 = \frac{h}{3g} = 0,18 \text{ c}^2$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{h}{3g}} = \sqrt{\frac{5,4 \text{ м}}{30 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 0,3\sqrt{2} \text{ c} \approx 0,423 \text{ c}$$

$$(2) \Rightarrow v_y = \frac{h}{t_1} + 0,5gt_1 \Rightarrow v_y^2 = \frac{h^2}{t_1^2} + gh + 0,25gt_1^2 = 16,2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 54 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 0,15 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 70,35 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$H = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{70,35 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 3,5175 \approx 3,5 \text{ м}$$

$$d = |v_x t_1 - (v_x \pm 2U) \cdot t_1| = 2Ut_1 \Rightarrow U = \frac{d}{2t_1} = \frac{1,8 \text{ м}}{0,846 \text{ c}} \approx 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

(так как стена изгибается ~~вправо~~ v_x на $2U$ в левую или вправо сторону)

Ответ: $H = 3,5 \text{ м}$

$$t_1 = 0,42 \text{ c}$$

$$d = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 1,4 \\ \hline 5,6 \\ + 1,4 \\ \hline 1,96 \\ \times 5,4 \\ \hline 16,2 \\ \hline 16,2 \\ - 16,2 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ \times 1,41 \\ \hline 5,681 \\ + 1,41 \\ \hline 1,9761 \\ \times 5,41 \\ \hline 16,2541 \\ \hline 16,2541 \\ - 16,2541 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 46,652 \\ - 6 \\ \hline 16 \\ - 16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1800,846 \\ - 346,2 \\ \hline 1454,646 \\ - 1454,646 \\ \hline 0 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

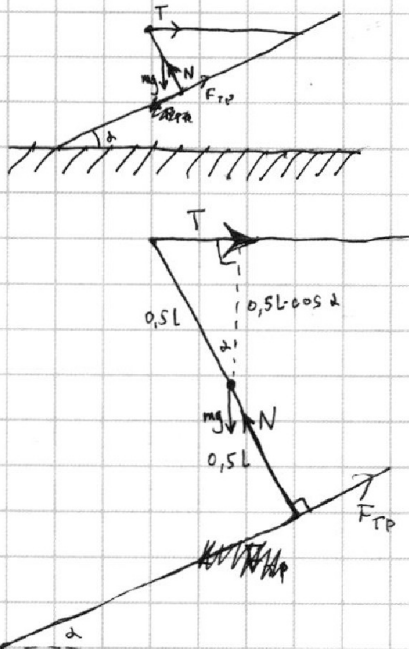
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача N3



$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 16 \\ \hline 48 \\ + 96 \\ \hline 144 \\ + 16 \\ \hline 160 \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \\ \times 18 \\ \hline 108 \\ + 96 \\ \hline 204 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4 \\ \times 14 \\ \hline 56 \\ + 112 \\ \hline 168 \end{array} \quad \begin{array}{r} 532 \\ \times 175 \\ \hline 9310 \\ + 10640 \\ \hline 19950 \end{array} \quad \begin{array}{r} 122 \\ \times 172 \\ \hline 20984 \end{array}$$

Затемнем правило моментов для стержня относительно его центра масс (так как стержень однородный, то он находится в его геометрическом центре) l - длина стержня.

$$T \cdot 0,5l \cos \alpha + mg \cdot 0 + N \cdot 0 - F_{\text{тр}} \cdot 0,5l = 0$$

$$F_{\text{тр}} = T \cos \alpha = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 15 \text{ Н}$$

$$\begin{cases} mg + F_{\text{тр}} \sin \alpha = N \cos \alpha \quad (\text{из условия равновесия}) \\ F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha = T + F_{\text{тр}} \cos \alpha \end{cases}$$

$$0,5N = T + F_{\text{тр}} \cos \alpha = T + T \cos^2 \alpha = T + 0,75T = 1,25T \quad 1,25T$$

$$N = 1,25T = 21,625 \text{ Н} \quad 3,5T \approx 60,6 \text{ Н}$$

$$m = \frac{N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha}{g} = \frac{3,5T \cos \alpha + 0,5T \cos \alpha}{g} = \frac{4T \cos \alpha}{g} \approx 6 \text{ кг}$$

$$\mu \geq \frac{N}{F_{\text{тр}}} \approx 0,25$$

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$

$$F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$$

$$\mu > 0,25$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

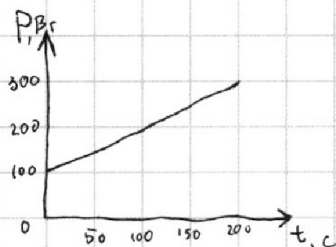
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача №4

$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{(100\text{ В})^2}{25\Omega} = 400\text{ Вт} \quad (\text{по закону Джоуля - Ленца})$$



$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 380 \\ \hline 34200 \\ 3780 \\ \hline 37800 \end{array}$$

Из графика следует, что P изменяется по закону

$$P(t) = 100\text{ Вт} + \frac{300\text{ Вт} - 100\text{ Вт}}{200\text{ с} - 0\text{ с}} \cdot t = 100\text{ Вт} + 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \cdot t$$

Значит ~~температура~~ мощность тепловыделяющего элемента в момент

времени T равна $P(T) = 280\text{ Вт}$

Пусть ΔQ - потери энергии за время T .

Тогда ΔQ есть площадь под графиком и есть $\frac{280\text{ Вт} + 100\text{ Вт}}{2} \cdot 180\text{ с} = 34200\text{ Дж}$

(по формуле площади трапеции)

Пусть m - масса воды.

$$m = \rho \cdot V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 1\text{ кг}$$

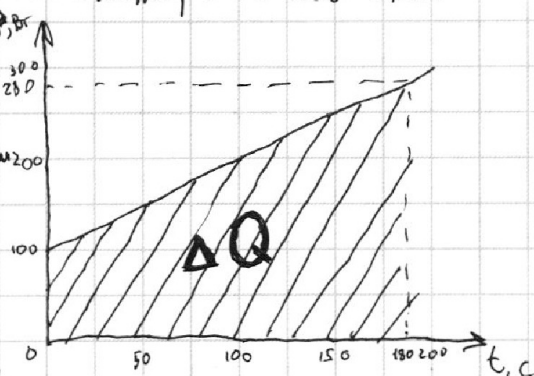
Пусть Δt - изменение температуры

воды. Тогда, по закону сохранения энергии, $m \cdot c \cdot \Delta t = P_H T - \Delta Q$

$$\Delta t = \frac{P_H T - \Delta Q}{m \cdot c} = \frac{12000\text{ Дж} - 34200\text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{с}^\circ\text{C}}} = 9^\circ\text{C}$$

$$T_1 = T_0 + \Delta t = 16^\circ\text{C} + 9^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

Ответ: $P_H = 400\text{ Вт}$
 $T_1 = 25^\circ\text{C}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

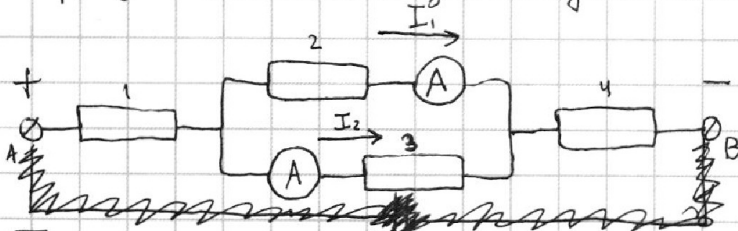
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача №5

Нарисуем эквивалентную схему.



Поскольку системы Амперметр 1 - Резистор 2 и Амперметр 2 - Резистор 3 соединены параллельно, то на этих системах одинаковое напряжение

$$\begin{cases} U_1 \\ I_1 = \frac{U_1}{R_2 + R_A} \approx \frac{U_1}{R_2} \\ I_2 = \frac{U_1}{R_3 + R_A} \approx \frac{U_1}{R_3} \end{cases}$$

Поскольку $I_1 > I_2$, то $\frac{U_1}{R_2} > \frac{U_1}{R_3} \Rightarrow R_3 > R_2 \Rightarrow \begin{cases} R_3 = 60 \text{ Ом} \\ R_2 = 30 \text{ Ом} \end{cases}$

$$U_1 = I_1 R_2 = 2 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 60 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_3} = \frac{60 \text{ В}}{60 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

Поток I через схему равен $I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$.

Эквивалентное сопротивление ~~схемы~~ равно $R = 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} +$
 $+ \frac{30 \text{ Ом} \cdot 60 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 110 \text{ Ом}$ (последовательное соединение 30 Ом , 60 Ом
и параллельного соединения 30 Ом и 60 Ом).

$$P = I^2 R = 990 \text{ Вт (по закону Джоуля - Ленца)}$$

Ответ: $I_2 = 1 \text{ А}$

$$P = 990 \text{ Вт}$$



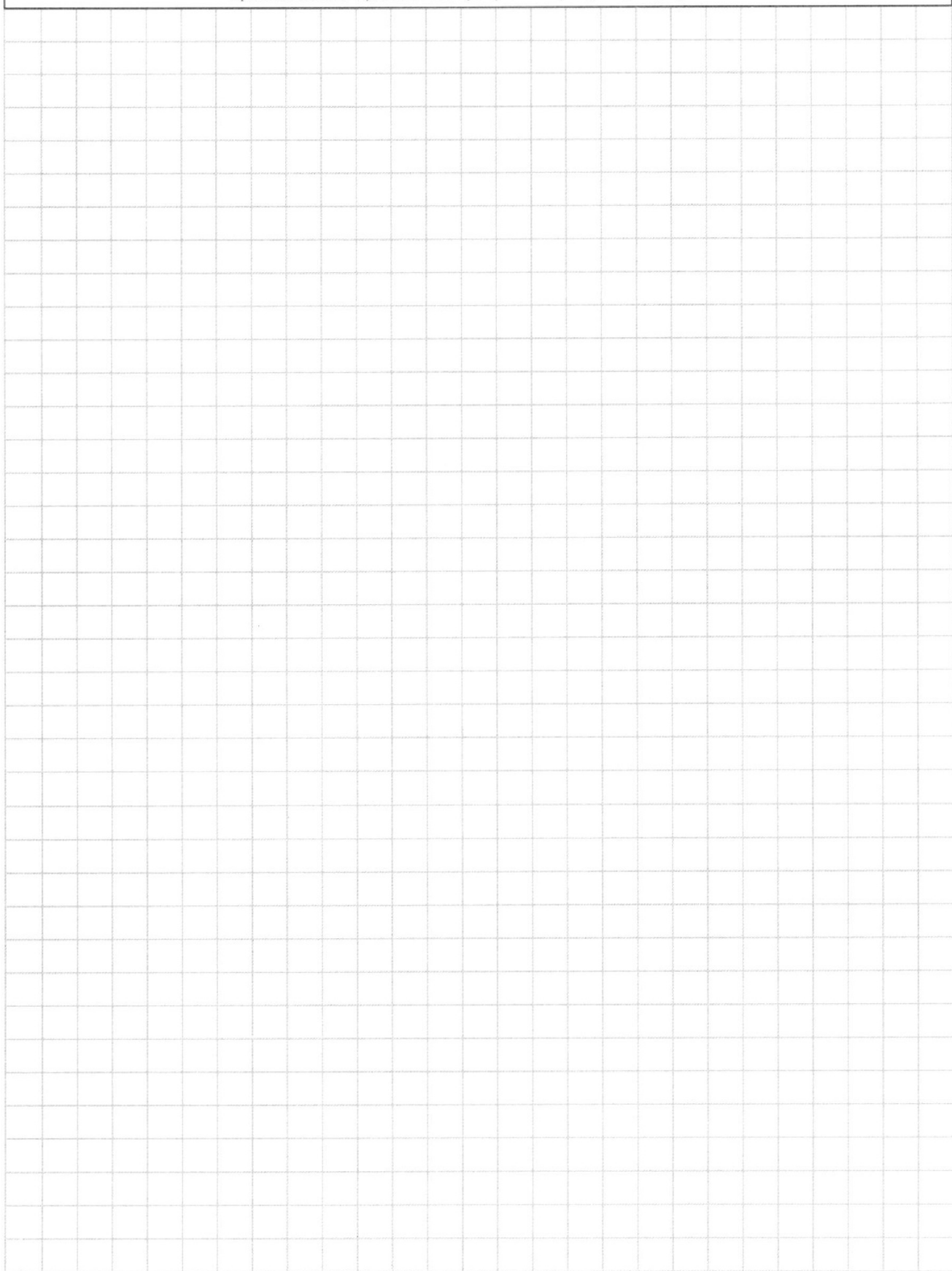
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





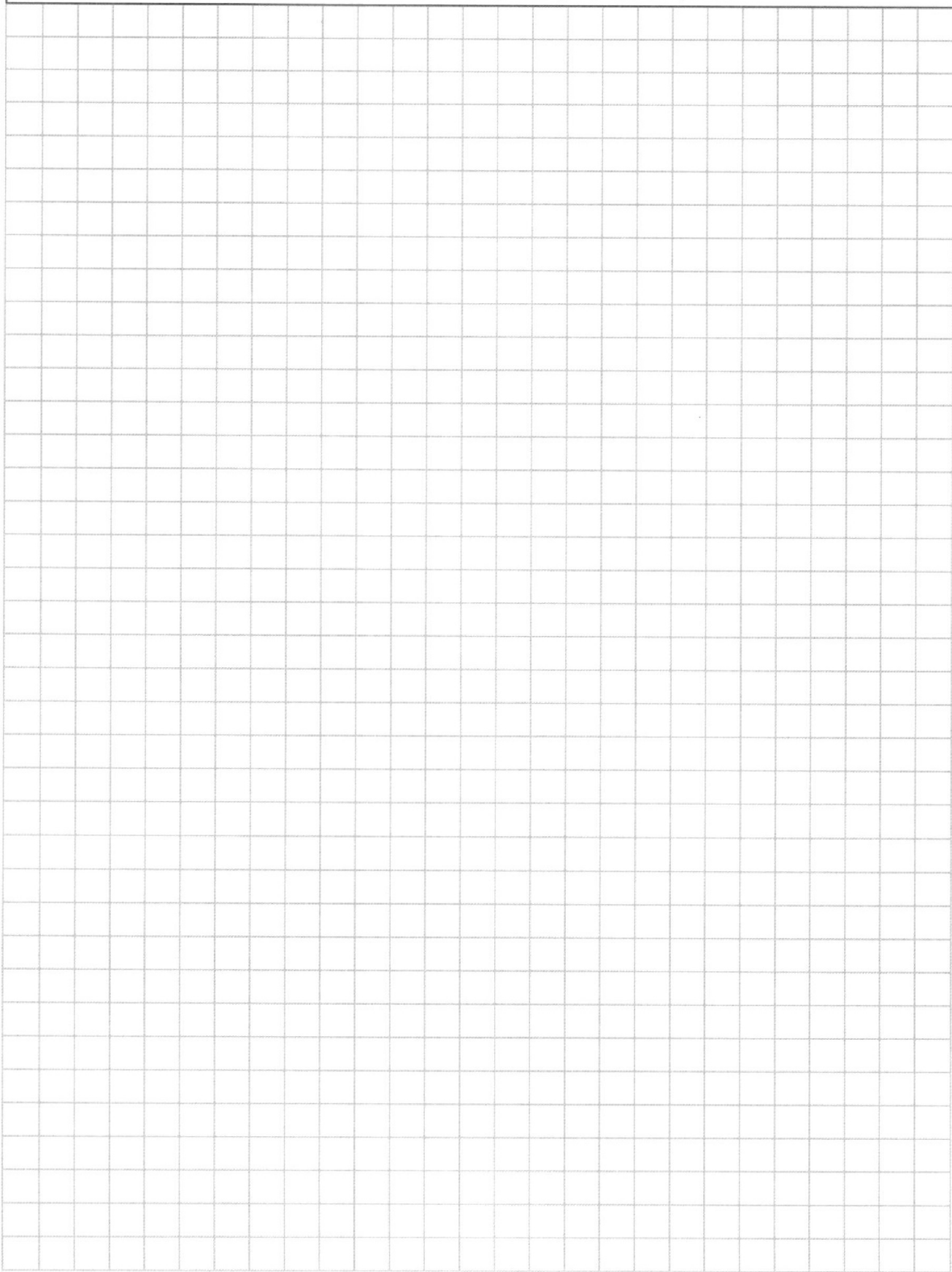
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





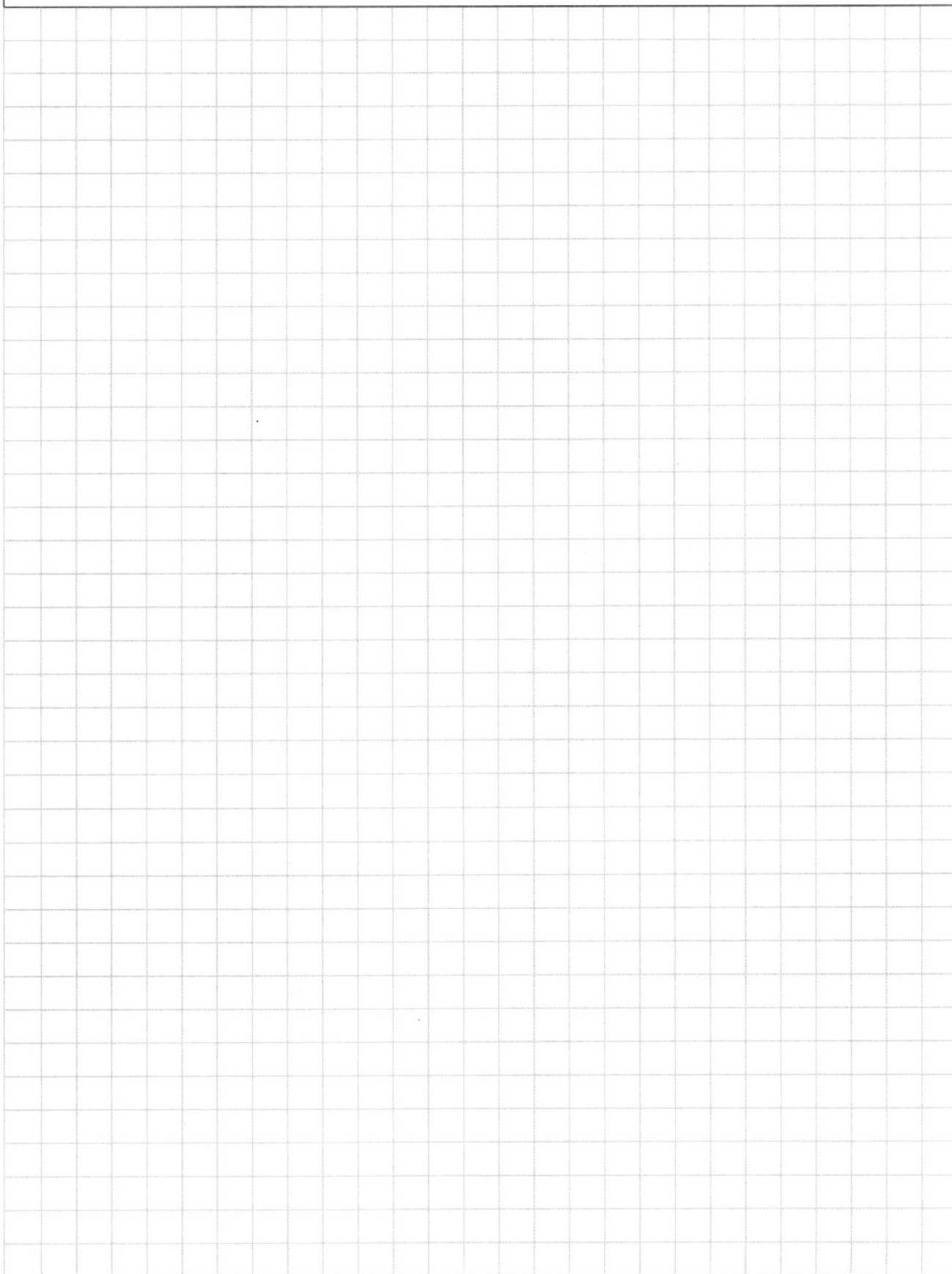
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

