



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

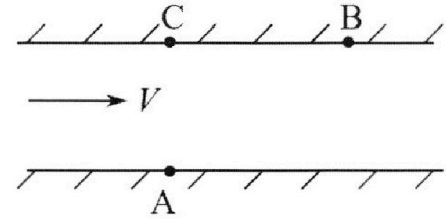
Вариант 09-02

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.

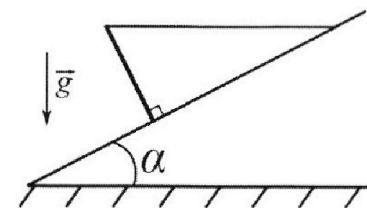
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

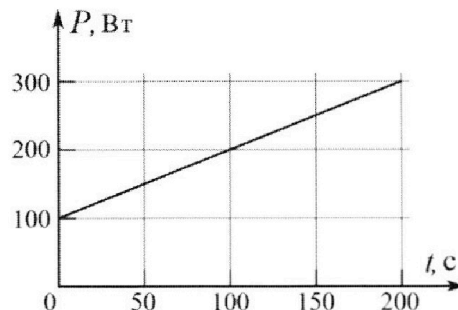
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °С. 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.

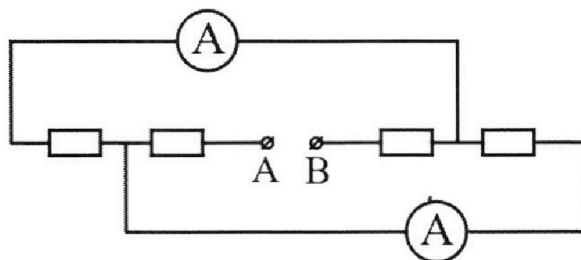
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).



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. Больше 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.

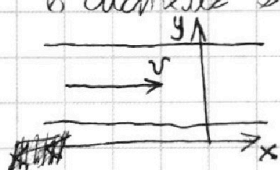
Дано.

$AC = d = 50 \text{ м}$
 $CB = L = 120 \text{ м}$
 $T_1 = 100 \text{ с}$
 $T_2 = 240 \text{ с}$

$v_1 - ?$
 $v_2 - ?$
 $v - ?$
 $S - ?$

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

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



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

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

Подставим (8) и (9) в (7):

$$\frac{L}{T_1} - \sqrt{v_n^2 - v_{1y}^2} = \frac{L}{T_2} - \sqrt{v_n^2 - v_{2y}^2}$$

$$1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \sqrt{v_n^2 - 0,25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \sqrt{v_n^2 - \frac{25}{576} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$0,49 = 1,4 \sqrt{v_n^2 - 0,25} - \sqrt{v_n^2 - 0,25} \approx v_n^2 - 0,0434$$

$$1,4 \sqrt{v_n^2 - 0,25} = 0,2834$$

$$\sqrt{v_n^2 - 0,25} \approx 0,2024$$

$$v_n^2 - 0,25 \approx 0,041$$

$$v_n^2 \approx 0,291$$

$$v_n \approx 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{1x} = \sqrt{0,291 - 0,25} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{2x} = \sqrt{0,291 - 0,0434} \approx 0,49 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{L}{T_1} - v_{1x} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_1 = \sqrt{(v_{1x} + v)^2 + v_{1y}^2} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \sqrt{(v_{2x} + v)^2 + v_{2y}^2} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Handwritten calculations for the problem, including a diagram of a swimmer's path and several arithmetic operations.

Diagram: A swimmer starts at point A and moves to point B. The path is shown as a series of segments. The distance from A to B is L = 120 m. The distance from A to C is d = 50 m. The swimmer's velocity vector v is shown pointing to the right.

Arithmetic operations:

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

$$\begin{array}{r} 25,00 \overline{) 576} \\ 23,04 \\ \hline 1,960 \\ 1728 \\ \hline 2320 \\ 2304 \\ \hline 16 \\ 120 \\ \hline 120 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 1,69 \\ \sqrt{000} \\ 1,4 \\ \hline 290 \\ 280 \\ \hline 100 \\ 100 \\ \hline 0 \end{array}$$

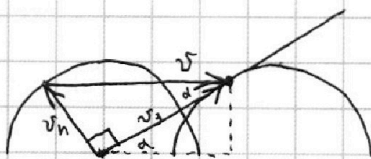
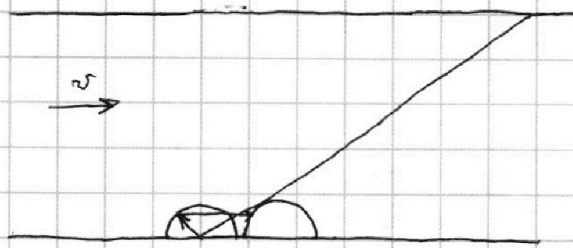
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

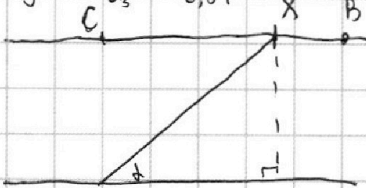
МФТИ

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



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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_n}{v_s} = \frac{0,54}{0,84}$$



$$CX = \frac{d}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{50 \cdot 0,84}{0,54} \approx 78 \text{ m}$$

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

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

Handwritten calculations:

$$\begin{array}{r} 42 \\ 85 \\ \times 85 \\ \hline 425 \\ + 680 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ 84 \\ \times 84 \\ \hline 336 \\ + 672 \\ \hline 7056 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 8,4 \\ \leftarrow 5 \\ \hline 42,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \overline{) 0,54} \\ \underline{378} \\ 420 \\ \underline{378} \\ 420 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ - 78 \\ \hline 42 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

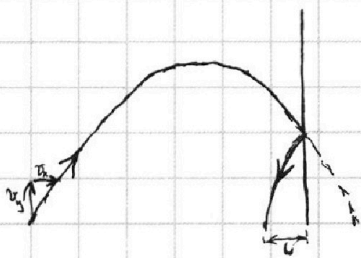
1 2 3 4 5 6 7



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



Задача №2

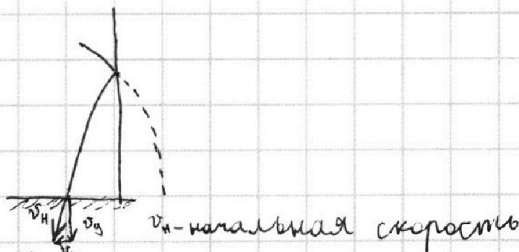


Пусть l — расстояние от точки падения мяча до стены,
 Тогда расстояние от точки старта до стены — $3l$.
 Пусть t — время полёта мяча до удара об стену.

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

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

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



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

Подставим в (2):

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

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

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

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

$$(2) \Rightarrow v_y = \frac{h}{t_1} + 0,5gt_1 \Rightarrow v_y^2 = \frac{h^2}{t_1^2} + gh + 0,25gt_1^2 = 16,2 \frac{\text{м}^2}{\text{c}^2} + 54 \frac{\text{м}^2}{\text{c}^2} + 0,45 \frac{\text{м}^2}{\text{c}^2} = 76,65 \frac{\text{м}^2}{\text{c}^2}$$

$$H = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{76,65 \frac{\text{м}^2}{\text{c}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{c}^2}} = 3,8325 \approx 3,8 \text{ м}$$

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

(так как стена изгибается ~~вправо~~ v_x на $2U$ в м/с или изгибается)

Ответ: $H = 3,8 \text{ м}$

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

$$d = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{c}}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 1,4 \\ \hline 5,6 \\ + 1,4 \\ \hline 1,96 \\ \times 5,4 \\ \hline 21,24 \\ + 19,6 \\ \hline 105,48 \\ \times 1,8 \\ \hline 1,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 6,48 \\ + 18 \\ \hline 28,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 1,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 6,48 \\ + 18 \\ \hline 28,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 1,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 6,48 \\ + 18 \\ \hline 28,8 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

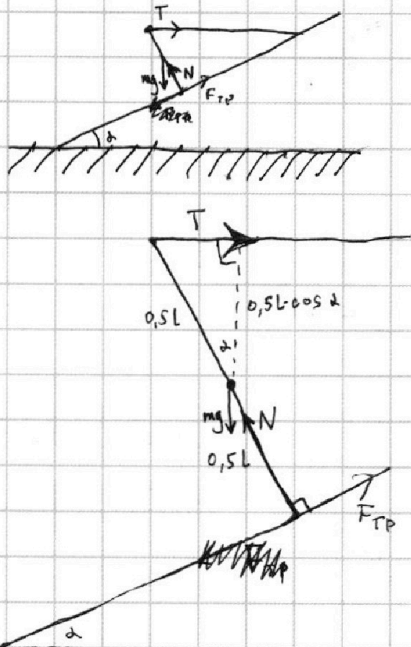
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Задача №3



3	6	4	532	172
$\times 16$	$\times 18$	$\times 17$	$\times 175$	$\times 172$
48	108	119	9300	29624
$+ 96$	$+ 144$	$+ 17$	$+ 1225$	$+ 1204$
144	252	286	10525	31828
$\frac{256}{16}$	$\frac{324}{18}$	$\frac{287}{17}$	$\frac{11725}{175}$	$\frac{172}{172}$
16	18	17	66.4	1
256	324	287	30625	29584
52	173	173	173	2929
$\times 173$	$\times 173$	$\times 173$	$\times 173$	$\times 173$
8996	29929	29929	29929	29929
$+ 1213$	$+ 173$	$+ 173$	$+ 173$	$+ 173$
10209	30102	30102	30102	30102
$\frac{173}{173}$	$\frac{173}{173}$	$\frac{173}{173}$	$\frac{173}{173}$	$\frac{173}{173}$
173	173	173	173	173
29929	29929	29929	29929	29929

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

~~$T \cdot 0,5l \cos \alpha + mg \cdot 0 + N \cdot 0 = F_{TP} \cdot 0,5l = 0$~~

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

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

$0,5N = T + F_{TP} \cos \alpha = T + T \cos^2 \alpha = T + 0,75T = 1,75T$

$N = 3,5T \approx 60,6 \text{ Н}$

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

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

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$

$F_{TP} = 15 \text{ Н}$

$\mu > 0,25$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

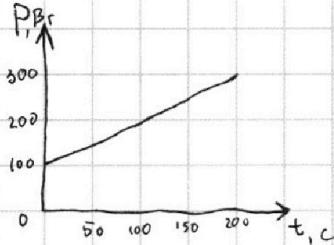
МФТИ

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



Задача №4

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



$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 380 \\ \hline 34200 \\ \hline 378 \quad | 42 \\ - 378 \quad | 8 \\ \hline 0 \end{array}$$

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 тепловыделяющей лампы 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.

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

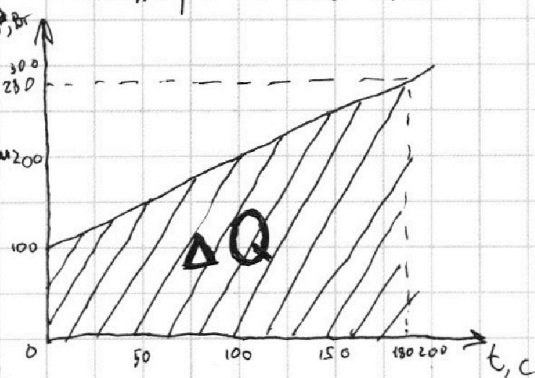
Пусть Δt - изменение температуры

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

$$\Delta t = \frac{P_H T - \Delta Q}{m \cdot c} = \frac{72000\text{Дж} - 34200\text{Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}} = 9^\circ\text{C}$$

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

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

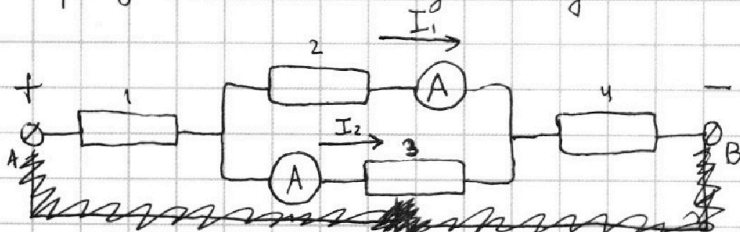
МФТИ

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 $\frac{U_1}{R_2} > \frac{U_1}{R_3} \Rightarrow R_3 > R_2 \Rightarrow \begin{cases} R_3 = 60 \text{ Ом} \\ R_2 = 30 \text{ Ом} \end{cases}$

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

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

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

Эквивалентное сопротивление ~~схемы~~ схемы равно $R = 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} +$

$$+ \frac{30 \text{ Ом} \cdot 60 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 110 \text{ Ом} \text{ (последовательное соединение } 30 \text{ Ом, } 60 \text{ Ом}$$

и параллельного соединения } 30 \text{ Ом и } 60 \text{ Ом).

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

Ответ: $I_2 = 1 \text{ А}$

$$P = 990 \text{ Вт}$$



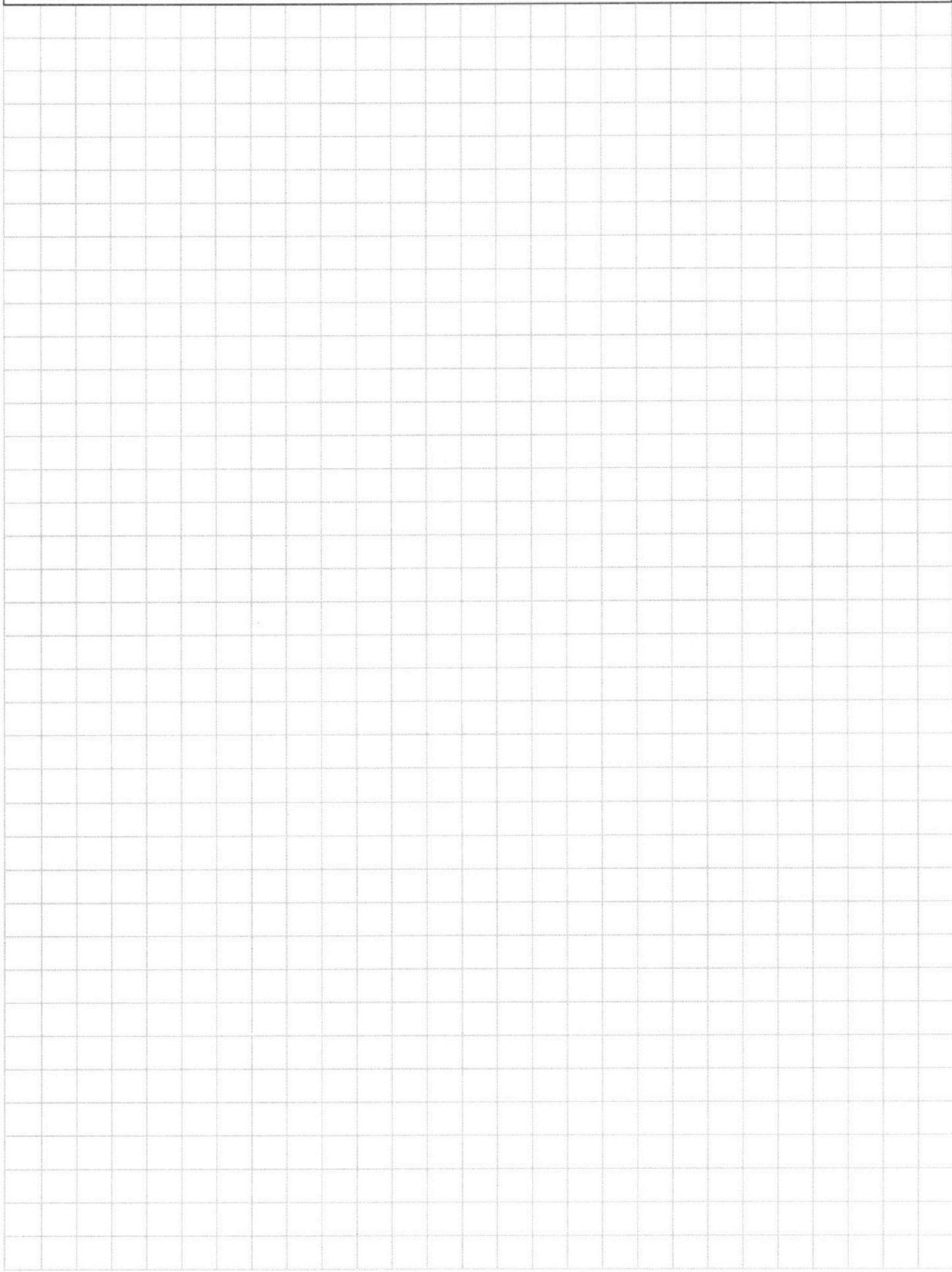
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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





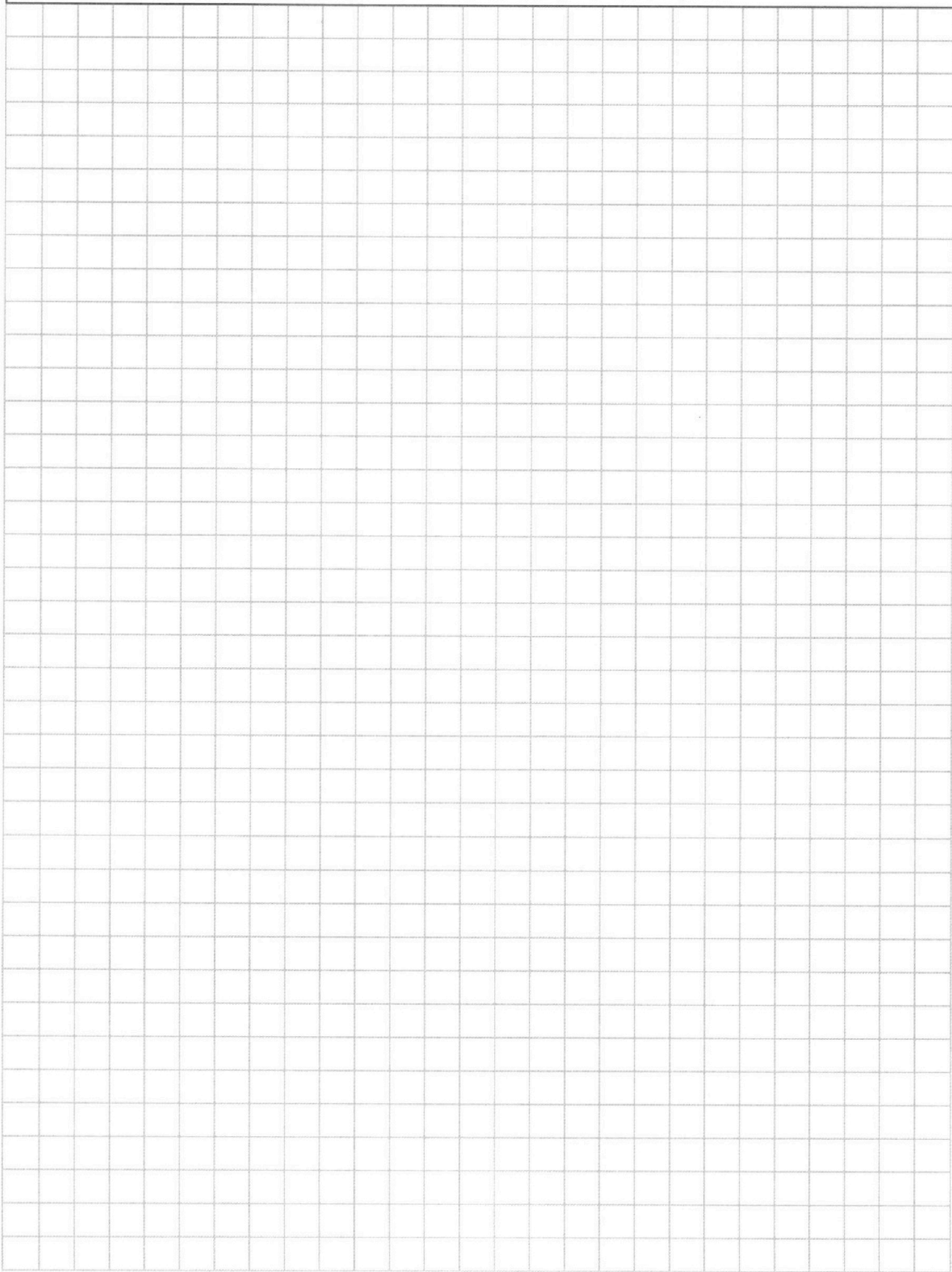
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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





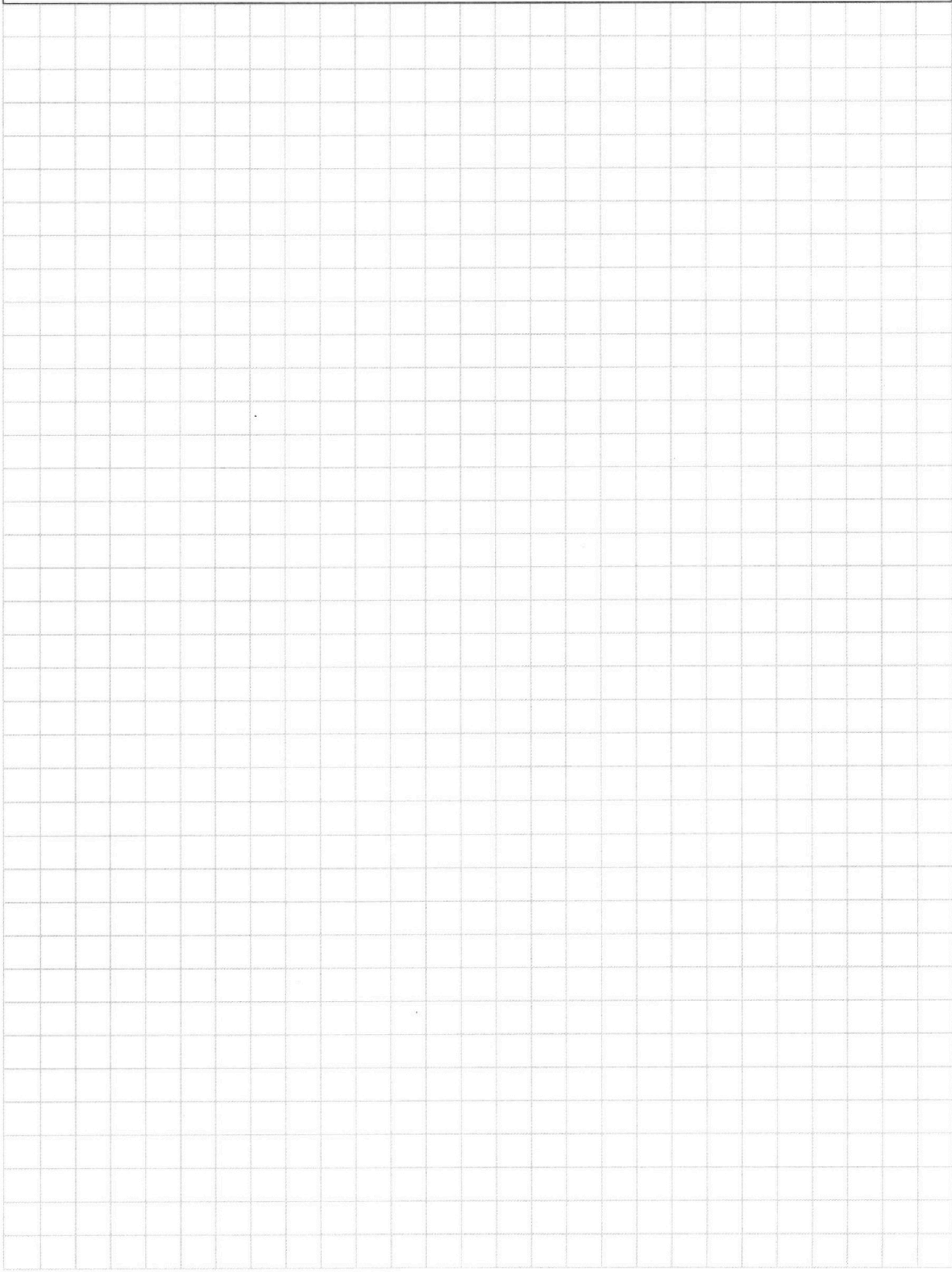
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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



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

