



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

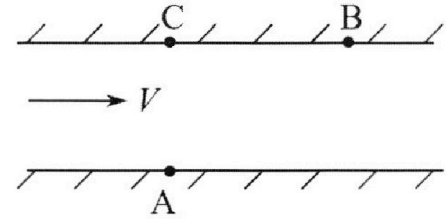
Вариант 09-02

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.

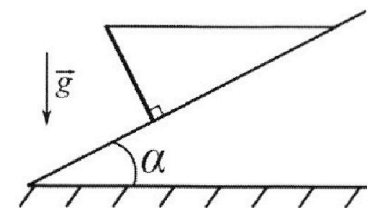
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

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

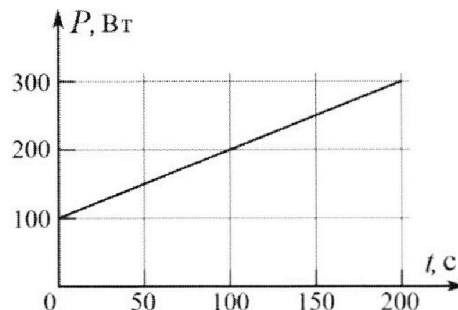


4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16$  °С. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25$  Ом, напряжение источника  $U = 100$  В. Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

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/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

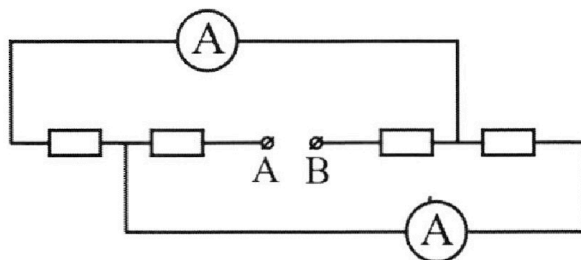


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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.

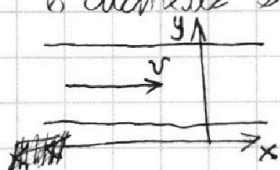
Дано:

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

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

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, moves to point B, and then to point C. The distance AC is d, and CB is L. The swimmer's velocity vector v is shown pointing to the right.

Arithmetic operations:

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

$$\begin{array}{r} 25,00 \overline{) 575} \\ 23,04 \overline{) 0,0434} \\ \hline 1,960 \\ \underline{1728} \\ 2320 \\ \underline{2304} \\ 16 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 2,834 \overline{) 14} \\ \underline{2,8} \\ 34 \\ \underline{28} \\ 60 \\ \underline{56} \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2024 \\ \times 14 \\ \hline 8096 \\ 4048 \\ \hline 4039520 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2024 \\ \times 180 \\ \hline 2025 \\ \times 15 \\ \hline 52 \\ \times 52 \\ \hline 104 \\ \times 260 \\ \hline 2704 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 159 \\ \times 54 \\ \hline 265 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2809 \\ \times 53 \\ \hline 159 \\ \times 54 \\ \hline 265 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2809 \\ \times 19 \\ \hline 216 \\ \times 19 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2816 \end{array}$$

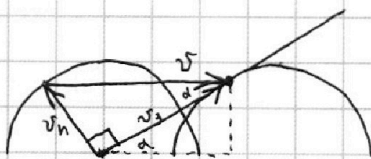
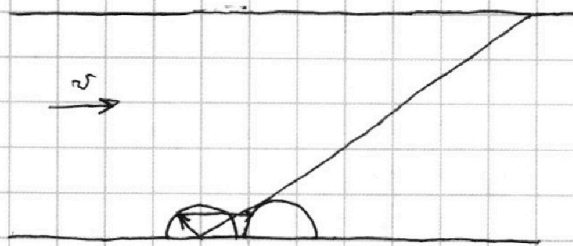
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

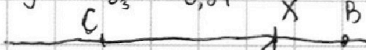
**МФТИ**

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

$$\begin{array}{r} 42 \\ 85 \\ \times 85 \\ \hline 425 \\ + 680 \\ \hline 7225 \end{array} \quad \begin{array}{r} 31 \\ 84 \\ \times 84 \\ \hline 336 \\ + 672 \\ \hline 7056 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 8,4 \\ \leftarrow 5 \\ \hline 42,0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 42 \overline{) 0,54} \\ 378 \quad 177, \\ \hline 420 \\ - 378 \\ \hline 420 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

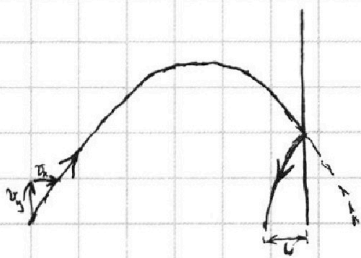
1  2  3  4  5  6  7



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.

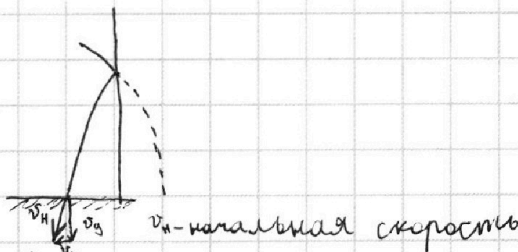
Тогда расстояние от точки старта до стены —  $3l$ .

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):

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ:  $H = 3,8 \text{ м}$

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

$$d = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,4 \\ 1,4 \\ \hline 1,36 \\ \times 1,4 \\ 1,36 \\ \hline 5,4 \\ \times 1,4 \\ 16,2 \\ \hline 76,652 \\ - 6 \\ \hline 16 \\ - 16 \\ \hline 0 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 1,4 \\ 1,4 \\ \hline 1,36 \\ \times 1,4 \\ 1,36 \\ \hline 5,4 \\ \times 1,4 \\ 16,2 \\ \hline 76,652 \\ - 6 \\ \hline 16 \\ - 16 \\ \hline 0 \\ \hline 108 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

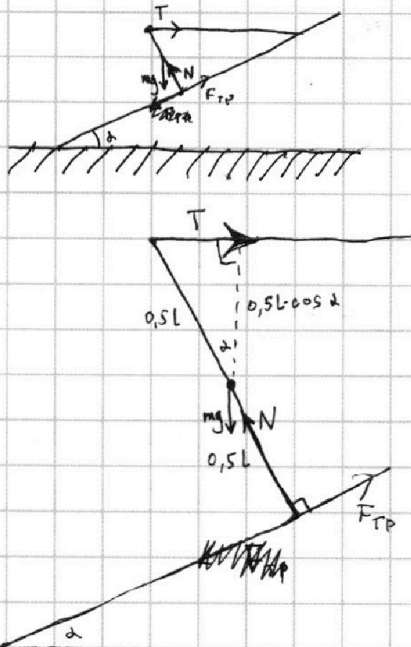
1  2  3  4  5  6  7

**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	289	9250	29584
$+ 96$	$+ 144$	$+ 119$	$+ 1225$	$+ 1204$
144	252	408	13475	30788
$\frac{256}{16}$	$\frac{324}{18}$	$\frac{289}{17}$	$\frac{13475}{175}$	$\frac{30788}{172}$
16	18	17	77	178
$\frac{256}{16}$	$\frac{324}{18}$	$\frac{289}{17}$	$\frac{13475}{175}$	$\frac{30788}{172}$
16	18	17	77	178
$\frac{256}{16}$	$\frac{324}{18}$	$\frac{289}{17}$	$\frac{13475}{175}$	$\frac{30788}{172}$
16	18	17	77	178

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

~~$T \cdot 0,5l \cos \alpha + mg \cdot 0 + N \cdot 0 = F_{тр} \cdot 0,5l = 0$~~   
 $T \cos \alpha = F_{тр} = T \cos \alpha = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 15 \text{ Н}$

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

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

$N = 2,5T = 3,5T \approx 60,6 \text{ Н}$

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

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

Ответ:  $m = 6 \text{ кг}$

$F_{тр} = 15 \text{ Н}$

$\mu > 0,25$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

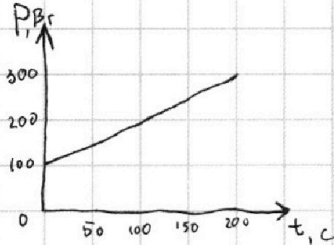
МФТИ

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



Задача №4

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



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

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 тепловыделяющего элемента в момент

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

Пусть  $\Delta Q$  - потери энергии за время

$T$ . Тогда  $\Delta Q$  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.

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

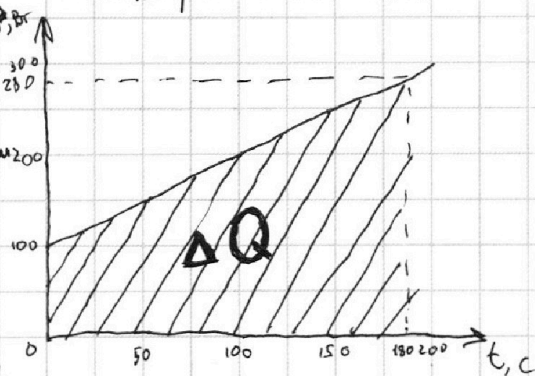
Пусть  $\Delta t$  - изменение температуры

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"/>

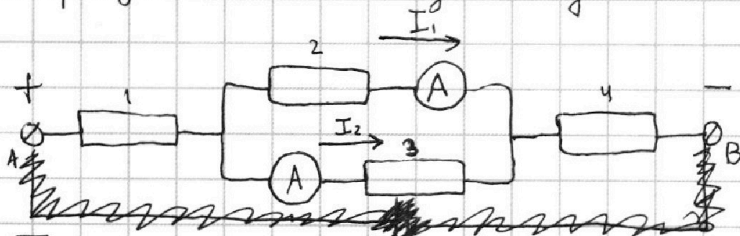
МФТИ

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

$$U_1 = I_1 R_2 = 2 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 60 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_3} = \frac{60 \text{ В}}{60 \Omega} = 1 \text{ A}$$

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

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

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

Ответ:  $I_2 = 1 \text{ A}$

$$P = 990 \text{ Вт}$$





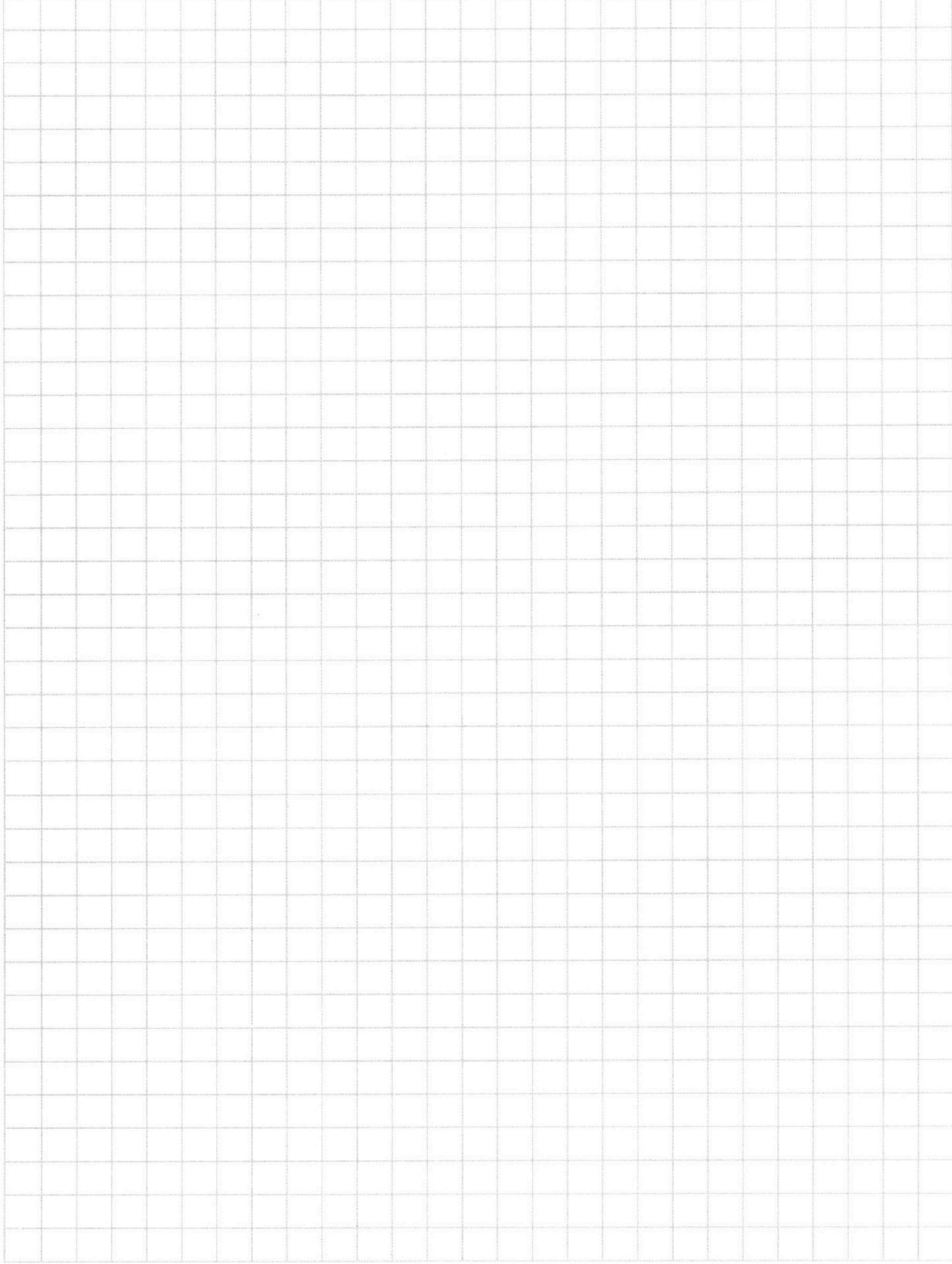
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





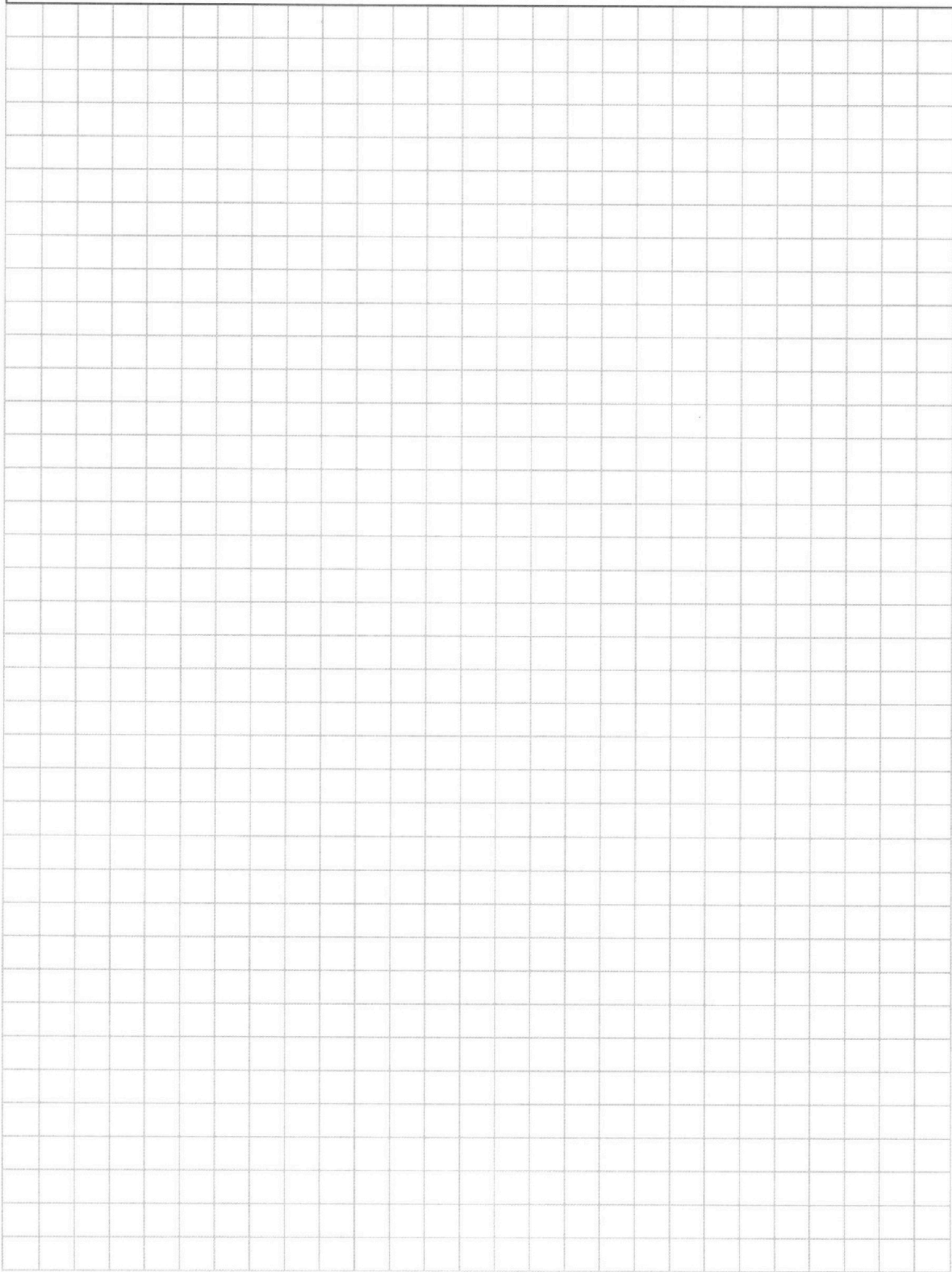
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





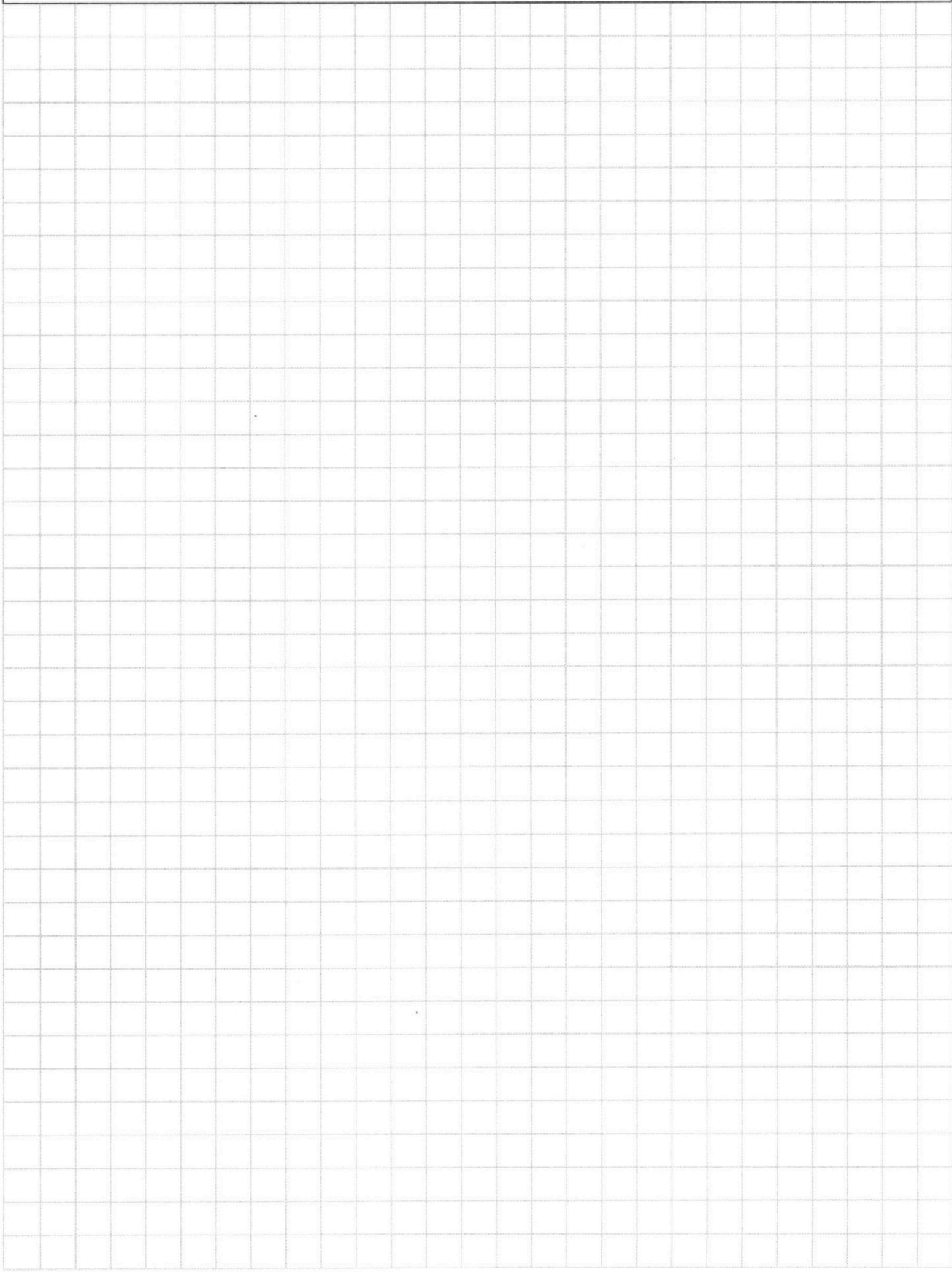
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

