



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

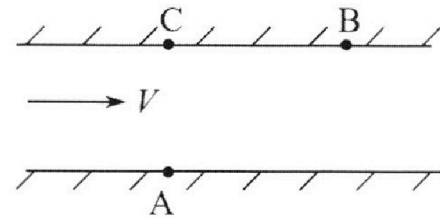
Вариант 09-02

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.

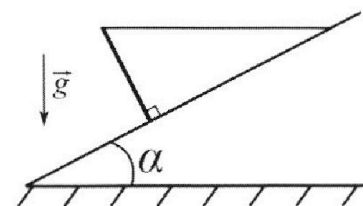
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

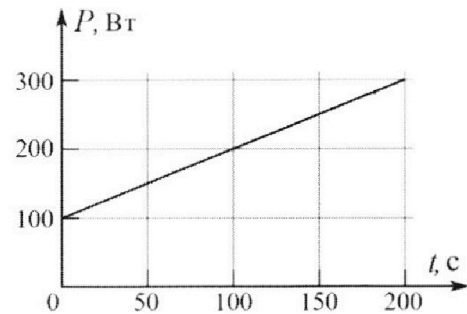


4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16$  °С. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25$  Ом, напряжение источника  $U = 100$  В. Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

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).

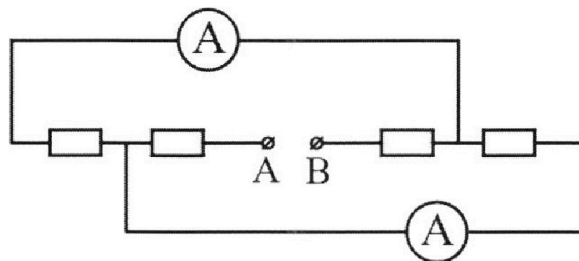


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.

2) Какую мощность  $P$  развивают силы в источнике?



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



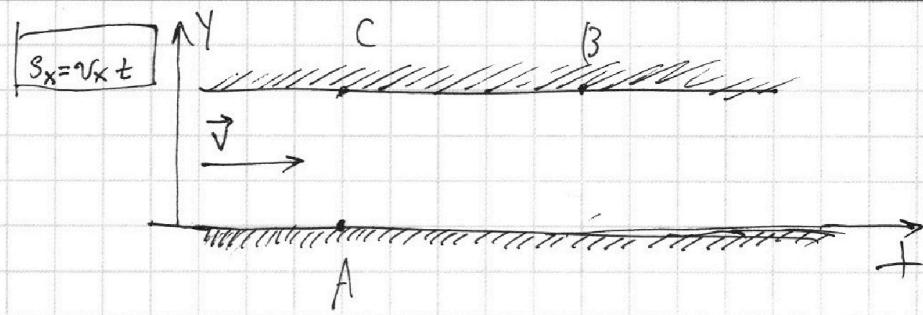
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$



1) L-пути, край движется по окружности

$$L = 3AC = 150 \text{ м}; v_{1y} = \frac{L}{T_1} = \frac{150 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{2y} = \frac{L}{T_2} = \frac{150 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{15}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{5}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,625 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

~~$$v_{1x} = \frac{L}{T_1} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_{2x} = \frac{L}{T_2} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$~~

$$v_1 = \sqrt{v_{1y}^2 + v_{1x}^2} = \sqrt{2,25 + 1,44} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \sqrt{3,69} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \sqrt{v_{2y}^2 + v_{2x}^2} = \sqrt{0,4 + 0,25} = \sqrt{0,65} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)  $v_{x1} \cdot T_1 = v_{x2} \cdot T_2$

$$(v_{x1}c + v) \cdot T_1 = (v + v_{x2}c) \cdot T_2$$

Handwritten calculations and notes:

- $1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $0,625$
- $1,3125$
- $1,250$
- $3,750$
- $0,390625$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

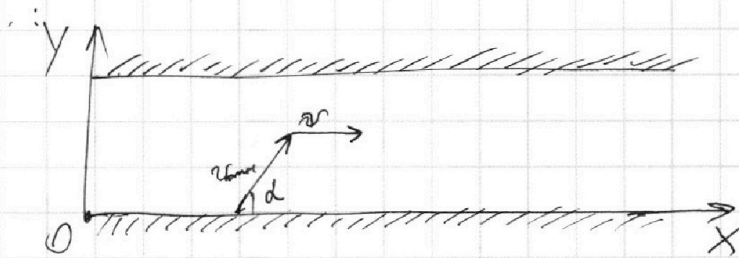
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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

3)

$v_{\text{отн}}$  - скорость лодки относительно  
берега;



$$t = \frac{v_{\text{отн}y}}{d} = \frac{v_{\text{отн}} \sin \alpha}{d};$$

$$S = 3 \cdot \frac{v_{\text{отн}y} \cdot \sin \alpha}{d} = v_{\text{отн}} \cdot \cos \alpha = \frac{3v_{\text{отн}}^2}{d} \sin \alpha \cdot \cos \alpha =$$
$$= \frac{3v_{\text{отн}}^2}{d} \cdot \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$
$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha; \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

Ответ:  $v_1 = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $v_2 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

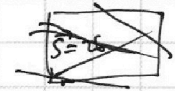
МФТИ

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

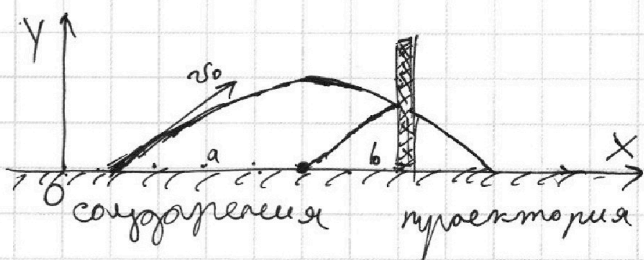
$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$s_y = v_{y0} t$$

$$\vec{v} = \vec{a} t$$



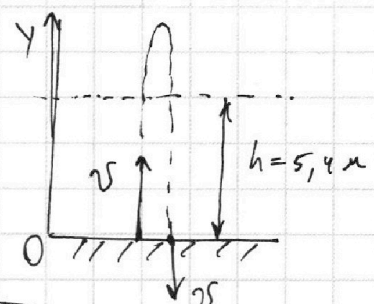
$$y = y_0 + v_{y0} t + \frac{a_y t^2}{2}$$



1) Косая упругая соударения проекция свобод полёта мяча отразилась относительно

стенки. Из условия следует, что до стенки мяч пролетел  $\frac{3}{4}$  своей траектории по оси OX.  $\Rightarrow$  на  $\frac{3}{4}$  от всего времени полёта мяч находится на высоте  $h = 5,4 \text{ м}$ . Изменим модель: мяч подбросим вверх и  $\frac{3}{4}$  времени всего полёта его высота составила  $h = 5,4 \text{ м}$ .

Но на такой же высоте мяч был на  $\frac{1}{8}$  времени полёта или на  $\frac{1}{2}$  времени подъёма.



При равноускоренном движении  $v_{ср}$

$$v_{ср} = \frac{v_k + v_0}{2} \quad v_{ср} = \frac{\frac{1}{2}v + 0}{2}; \quad t'_k = \frac{1}{2} t_k; \quad h = v_{ср} t'_k =$$

$$= \frac{3}{4} v \cdot \frac{1}{2} t = \frac{3}{8} t v; \quad h_{п} - h \text{ подъёма: } H_{п} = \frac{v+0}{2} \cdot t = \frac{v}{2} t; \quad \frac{h}{h_{п}} = \frac{\frac{3}{8} v t}{\frac{1}{2} v t} = \frac{3}{8} \cdot \frac{2}{1} = \frac{3}{4}; \quad h = \frac{3}{4} H_{п}; \quad H_{п} = \frac{4}{3} h = \frac{4 \cdot 5,4 \text{ м}}{3} = \frac{21,6 \text{ м}}{3} = 7,2 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 21,6 \quad | \quad 3 \\ 21 \quad \quad | \quad 7,2 \\ \hline -6 \quad \quad | \\ \hline 0 \end{array}$$

2) общее время (t<sub>п</sub>):  $H_{п} = \frac{g t_{п}^2}{2}; \quad t_{п} = \sqrt{\frac{2 H_{п}}{g}} = \frac{6}{g}$

$$= \sqrt{\frac{14,4}{10}} = \sqrt{1,44} = 1,2 \text{ с}; \quad t_1 = \frac{t_{п}}{2} = 0,6 \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

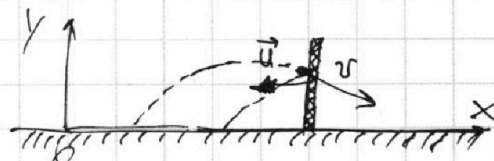
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

3) В СО стены:

относительная скорость  $v$  мяча



до и после соударения осталась неизменной (рассматриваемая  
скорость по оси  $Ox$ ):  $v_{отн x_1} = v + U$ ;  $v_{отн x_2} = v_{отн x_1} =$

$= v + U$ ; В СО земли его скорость мяча по оси

$Ox$  после соударения с движущейся стеной будет

равна  $v_x + 2U$ ; после соударения  $v$  с покоящейся  
стенкой равна  $v_x \Rightarrow \Delta v_{Ox} = 2U$

$$d = \Delta v_{Ox} \cdot t_1, \quad \Delta v_{Ox} = \frac{d}{t_1}; \quad 2U = \frac{d}{t_1}; \quad U = \frac{d}{2t_1} =$$

$$= \frac{1,84}{1,2 \text{ c}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $H = 7,2 \text{ м}$ ;  $t_1 = 0,6 \text{ с}$ ;  $U = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

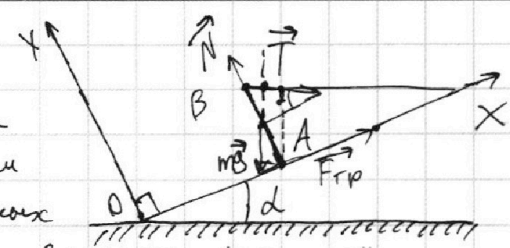


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

1) Составим силы.  
 Попробуем не знать, куда направлена  $F_{\text{тр}}$ , то обозначим её в одну из двух возможных направлений. Если я ошибся в направлении, то её модуль получится отрицательным, но равным по модулю с правильным значением.  
 "Возьмём" ось  $OY$ ;



$$OY: T \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha = N; \quad N =$$

$$\text{Попробуем выразить отсюда } T \cdot A: \quad \lambda \cdot \cos \alpha \cdot T = \frac{1}{2} \lambda \cdot \sin \alpha \cdot mg$$

$$\lambda - \text{длина стержня}; \quad T \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} \cdot \sin \alpha \cdot mg;$$

$$m = \frac{2 \cdot T \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha \cdot g} = \frac{2 \cdot T}{g} \cdot \operatorname{ctg} \alpha; \quad \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{1} =$$

$$= \sqrt{3}; \quad m = 2 \cdot 1,73 \cdot \sqrt{3} \approx 6 \text{ кг}$$

$$2) OX: T \cdot \cos \alpha + F_{\text{тр}} = mg \cdot \sin \alpha;$$

$$F_{\text{тр}} = mg \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha = 30 \text{ Н} - 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx$$

$$\approx 30 \text{ Н} - 10 \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 30 \text{ Н} - \frac{10 \cdot 3}{2} = 15 \text{ Н}$$

$$3) OY: N = T \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha;$$

$$F_{\text{тр}} = N \mu; \quad T \cdot B: F_{\text{тр}} \cdot \lambda = mg \cdot \frac{1}{2} \lambda \cdot \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{4} mg; \quad N \mu = \frac{1}{4} mg; \quad \mu = \frac{\frac{1}{4} mg}{N} =$$

$$= \frac{\frac{1}{4} mg}{T \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha} = \frac{15 \text{ Н}}{17,3 \text{ Н} \cdot \frac{1}{2} + 60 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx \frac{15 \text{ Н}}{8,65 + 51,90} = \frac{15 \text{ Н}}{60,55 \text{ Н}} \approx \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{1}{4} \quad \text{Ответ: } m = 6 \text{ кг}; F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}; \mu \geq \frac{1}{4}$$

Handwritten calculations for the coefficient of friction  $\mu$ :

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 1,73 \\ \hline 3,46 \\ 51,90 \\ \hline 51,90 \\ + 8,65 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

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!

$$V = 11$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$Q = cm\Delta t$$

$$t_0 = 16^\circ\text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180 \text{ с}$$

$$1) P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000 \text{ В}^2}{25 \text{ Ом}} = 400 \text{ Вт}$$

2) Т.к. у графика зависимость линейная, можно взять среднюю величину теплопотери. Зависимость  $P(t) = 100 \text{ Вт} + 18 \cdot t$

Исходя из этой зависимости, находим, что через  $T = 180 \text{ с}$   $P_1 = 280 \text{ Вт}$ ;  $P_{\text{ср}} = \frac{280 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт}}{2}$

$$P_{\text{ср}} = 190 \text{ Вт}; P_{\text{экономичная}} - P_{\text{э}} = P_H - P_{\text{ср}} = 400 \text{ Вт} - 190 \text{ Вт} = 210 \text{ Вт}; Q, \text{ получаемые в этот период:}$$

$$Q = T \cdot P_{\text{э}} = 180 \cdot 210 = 37800 \text{ Дж}$$

$$Q = cm\Delta t; \Delta t = \frac{Q}{cm}; m = 1 \text{ кг};$$

$$\Delta t = \frac{37800}{4200 \cdot 1} = 9^\circ\text{C}; \tilde{t}_1 = \tilde{t}_0 + \Delta t = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: } P_H = 400 \text{ Вт}; \tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 210 \\ \times 180 \\ \hline 16800 \\ 21000 \\ \hline 37800 \\ \hline 37800 \overline{) 7200} \\ \hline 378 \overline{) 42} \\ \hline 378 \overline{) 9} \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 42 \\ \hline 378 \end{array}$$



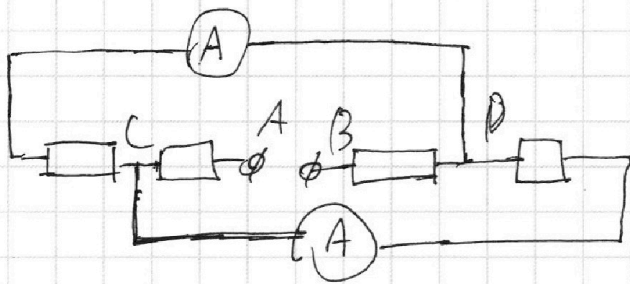
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

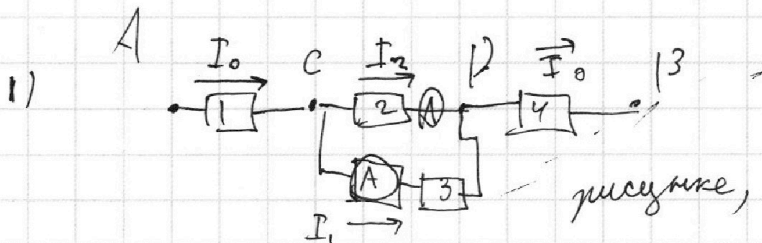


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$P = I^2 \cdot R$$

111



на эквивалентном рисунке, на участке

CD в параллель ветке разные резисторы

$$U_{CD} = U_2 = U_3; \quad U_2 = 60 \text{ Ом} \cdot I_2 = U_3 = 30 \text{ Ом} \cdot I_1$$

$$I_2 = \frac{I_1}{2} = 1 \text{ А};$$

$$2) \quad R_3 = 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} + \frac{30 \cdot 60 \text{ Ом}^2}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 90 + 20 = 110 \text{ Ом}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$$

$$P = I_0^2 \cdot R_3 = 9 \text{ А}^2 \cdot 110 \text{ Ом} = 990 \text{ Вт}$$

$$\frac{1800}{90} = 20$$

Ответ: 1 А; 990 Вт.



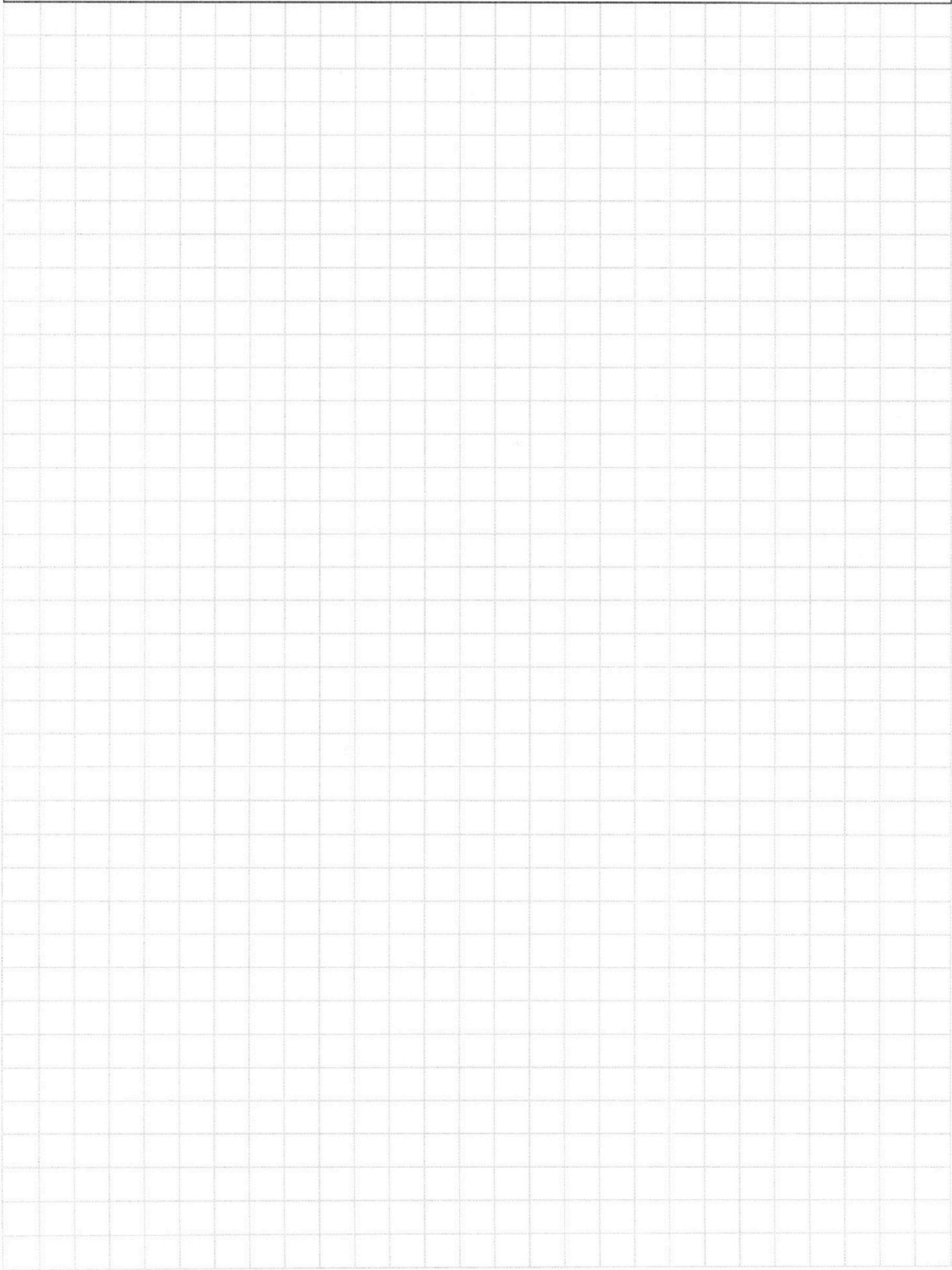
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

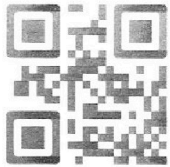
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

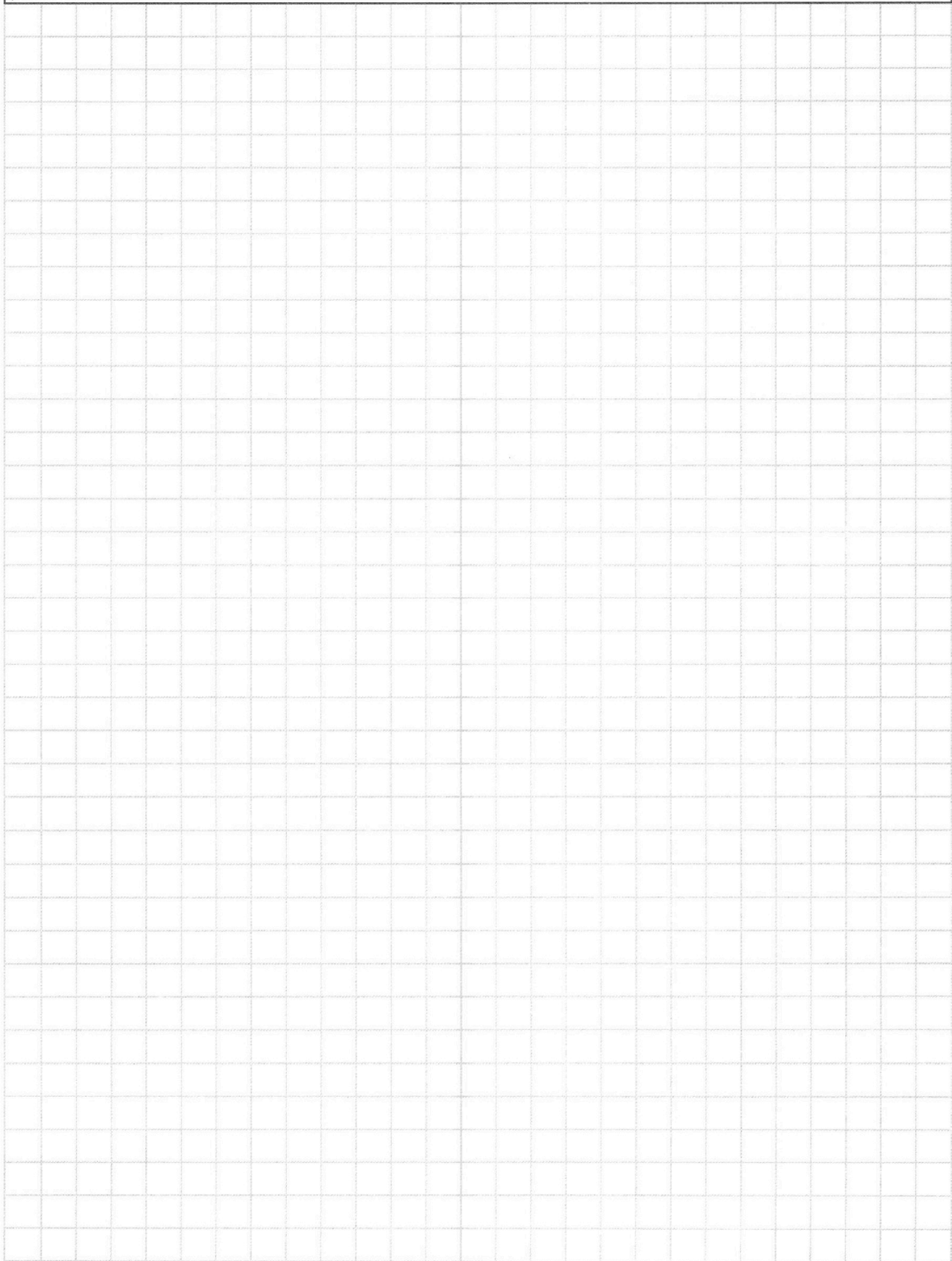
5

6

7



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!

