



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

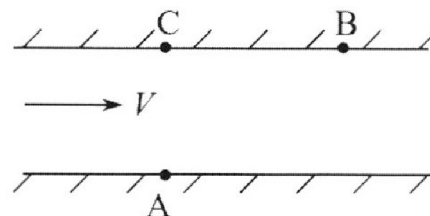
Вариант 09-02

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.

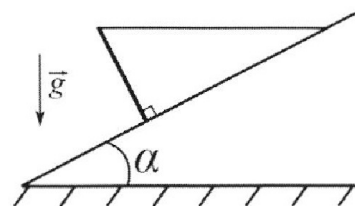
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

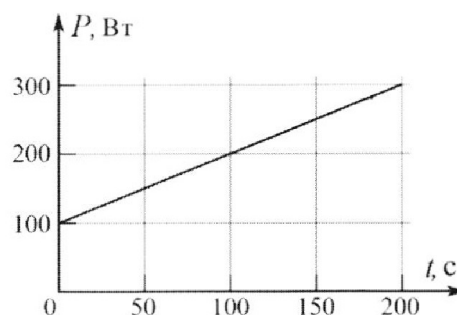
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

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 $\cdot^\circ\text{C}$).

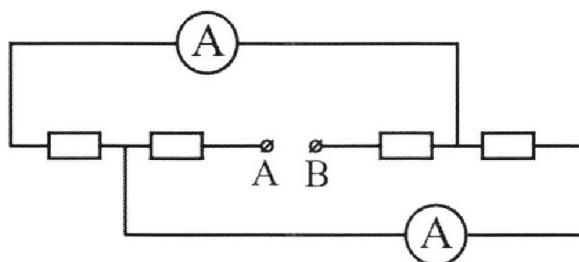


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?



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

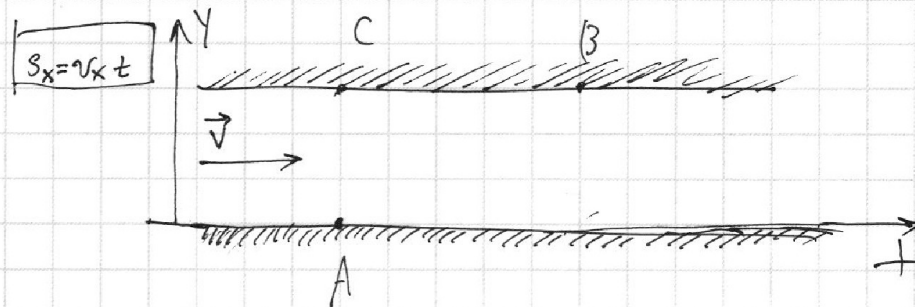
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$



1) L-путь, край движется по окружности

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

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

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

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

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

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

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

Handwritten calculations and results:

- $1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $0,625$
- $1,25$
- $1,250$
- $3,750$
- $0,390625$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

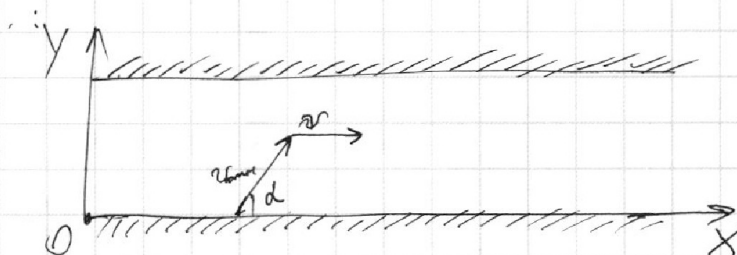
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 поезда относительно
вагона;



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

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

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!

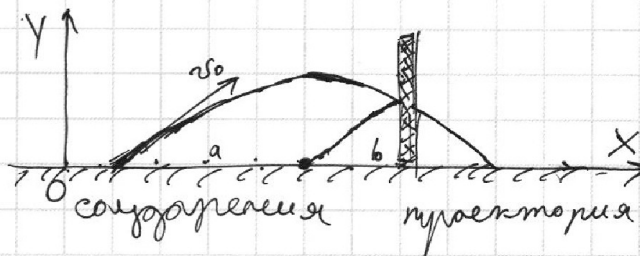
$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$s_y = v_{y0} t$$

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

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

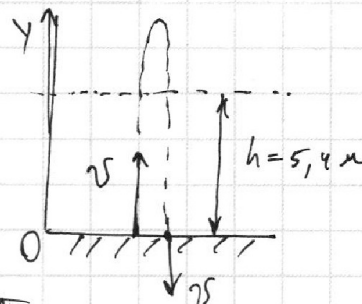
$$y = y_0 + v_{y0} t + \frac{a_y t^2}{2}$$



1) Коса упругого 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

подброшен вверх и $\frac{3}{4}$ времени всего полёта его высота составила $h = 5,4 \text{ м}$.

Но на такой же высоте мяч был на $\frac{1}{4}$ времени полёта или на $\frac{1}{2}$ времени подъёма.



При равноускоренном движении $v_{\text{ср}}$

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_k + v_0}{2} \quad v_{\text{ср}} = \frac{\frac{1}{2}v + 0}{2}; \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} t; \quad h = v_{\text{ср}} t_{\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{3}{4} v \cdot \frac{1}{2} t = \frac{3}{8} t v; \quad h_{\text{н}} - h \text{ подъёма: } H_{\text{н}} = \frac{v + 0}{2} \cdot t =$$

$$= \frac{v}{2} t; \quad \frac{h}{h_{\text{н}}} = \frac{\frac{3}{8} t v}{\frac{1}{2} t v} = \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{1} = \frac{3}{2}; \quad h = \frac{3}{2} H_{\text{н}}; \quad H_{\text{н}} = \frac{2}{3} h =$$

$$= \frac{4 \cdot 5,4 \text{ м}}{3} = \frac{21,6 \text{ м}}{3} = 7,2 \text{ м}$$

2) общее $t_{\text{подъёма}} (t_{\text{н}}): H_{\text{н}} = \frac{g t_{\text{н}}^2}{2}; \quad t_{\text{н}} = \sqrt{\frac{2 H_{\text{н}}}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,2}{10}} = \sqrt{1,44} = 1,2 \text{ с}; \quad t_1 = \frac{t_{\text{н}}}{2} = 0,6 \text{ с}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

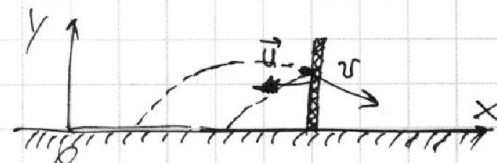
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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 x мяча



до и после соударения осталось неизменной (рассматриваем

скорость по оси Ox : $v_{0mx_1} = v + U$; $v_{0mx_2} = v_{0mx_1} =$

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

Ox после соударения с движущейся стенкой будет

равна $v_x + 2U$; после соударения с покоящейся

стенкой равна $v_x \Rightarrow \Delta v_{0x} = 2U$

$$d = \Delta v_{0x} \cdot t_1, \quad \Delta v_{0x} = \frac{d}{t_1}; \quad 2U = \frac{d}{t_1}; \quad U = \frac{d}{2t_1} =$$

$$= \frac{1,84}{1,2 \cdot 10^{-6}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

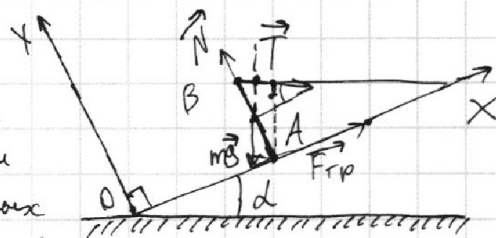
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

1) Составим силы.

$$\alpha = 30^\circ$$

Поскольку мы не знаем, куда направлена $F_{\text{тр}}$, то обозначим её в одном из двух возможных направлений. Если я ошибся в направлении, то её модуль получится отрицательным, но равен по модулю с правильным значением.
"Возьмём" ось OY :



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

$$\text{Из условия момента относительно точки A: } l \cdot \cos \alpha \cdot T = \frac{1}{2} l \cdot \sin \alpha \cdot mg$$

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

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

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

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

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

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

3)

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 17,3 \\ \times 1,73 \\ \hline 30 \\ 51,90 \\ 11,10 \\ \hline 51,90 \\ + 8,65 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$V = 1 \text{ л}$$

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

$$Q = cm \Delta t$$

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

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180 \text{ с}$$

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

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

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

$$P_{\text{ср}} = 190 \text{ Вт}; P_{\text{эфективная}} - P_{\Delta} = P_H - P_{\text{ср}} =$$

$$= 400 \text{ Вт} - 190 \text{ Вт} = 210 \text{ Вт}; Q, \text{ переданная воде:}$$

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 210 \\ \times 180 \\ \hline 16800 \\ 21 \\ \hline 37800 \\ 37800 \overline{) 7200} \\ \hline 378 \overline{) 72} \\ \hline 378 \overline{) 9} \\ \hline 0 \end{array}$$

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

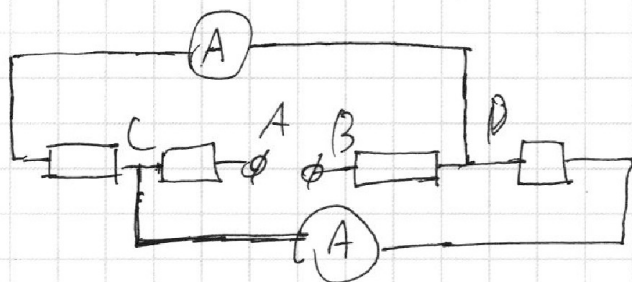
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

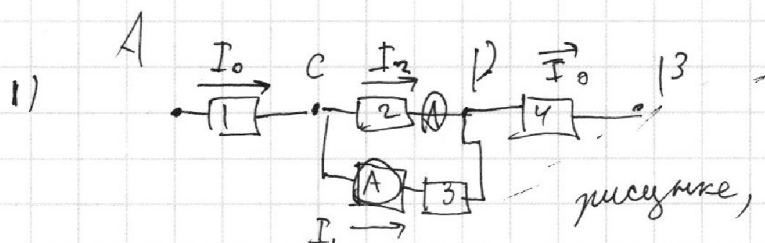
МФТИ

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

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

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

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

$$I_0 = I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$$

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

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

Ответ: 1 А; 990 Вт.



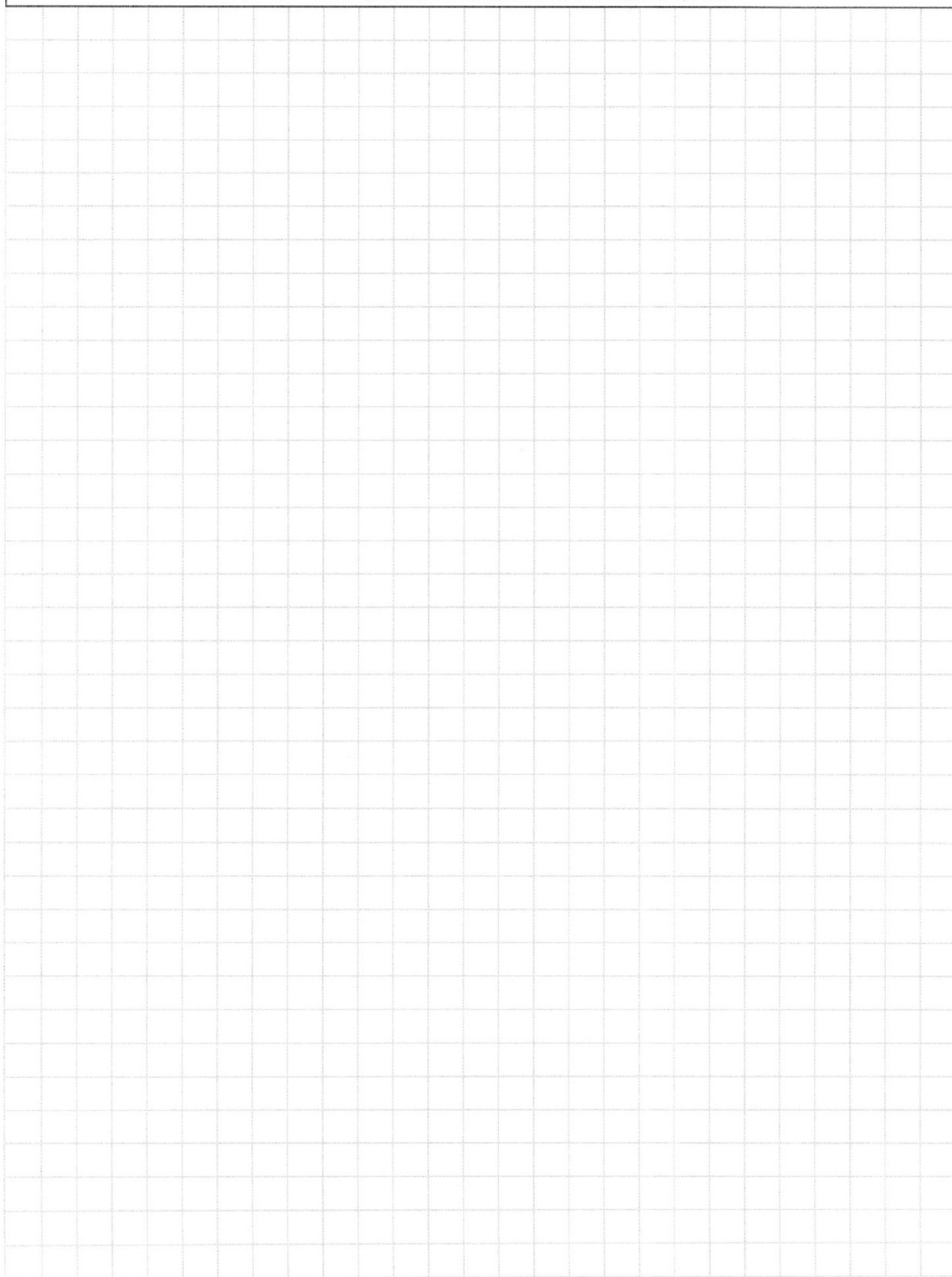
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

