



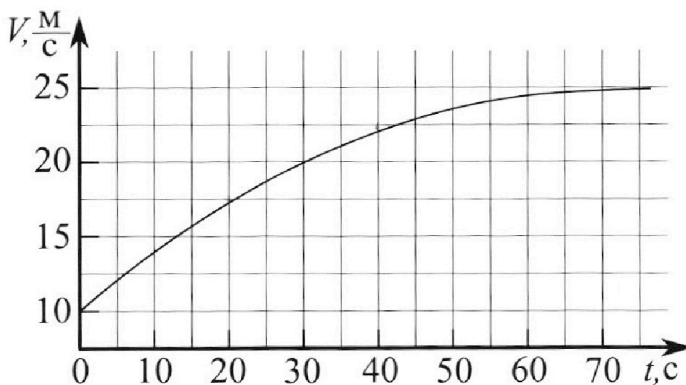
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2} \frac{v}{t} = \frac{1}{2} \frac{20}{30} = \frac{1}{3}$$

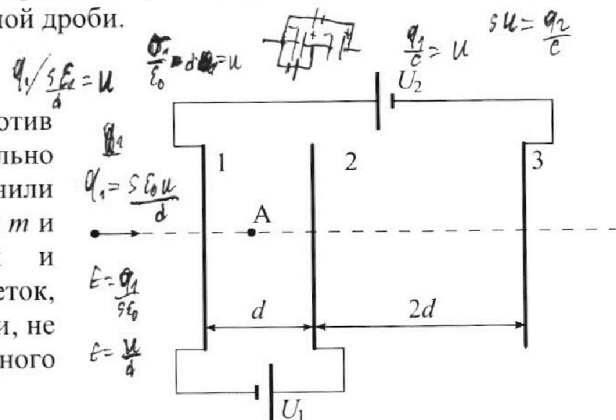
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $6 \approx kRT_0$, $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

$$P_{\text{атм}} k V = k R T \quad P_0 = \frac{4}{3} P_{\text{атм}} = \frac{4}{3} \frac{V_0 R T}{V} \quad V = 2.5 V \quad P_{\text{атм}} \cdot \frac{2.5}{3} = \frac{4}{3} P_{\text{атм}}$$

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

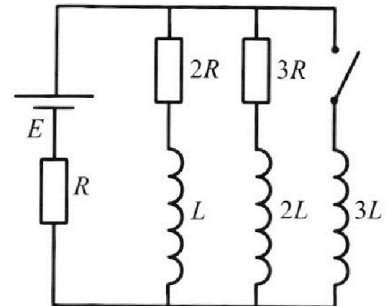
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



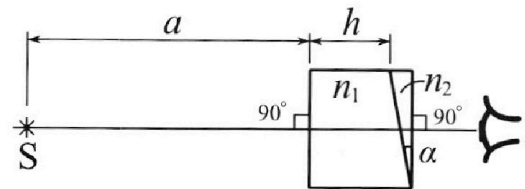
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

Handwritten calculations for problem 5:

$$Q = A - \Delta U = \dots$$
$$I = \frac{E}{R} = \dots$$
$$I = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$
$$\dots$$

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!

N 2

1) $P_0 = P_0 = \frac{V_1 R T_0}{V_1} = \frac{V_2 R T_0}{V_2}$ $V_1 = \frac{4}{2} V_0$ $V_1 = 2 V_0$ $\frac{V_1}{V_0} = 2$

2) $T = \frac{5}{4} T_0$ $\frac{P \cdot \frac{V}{2}}{P_0 \cdot \frac{V}{2}} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$ $\frac{P}{P_0} \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{4}$ $P = \frac{2.5}{8} P_0$

2) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{11}{20} V$ $P \cdot \frac{V}{5} = V_2 R T$ $\frac{P \cdot \frac{11}{20} V}{P_0 \cdot \frac{11}{20} V} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$ $P = \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{4} P_0 = \frac{2.5}{22} P_0$

$\Delta V_2 = K W \cdot (P_0 - P)$ $\frac{3}{11} V_0 = K \frac{V}{4} (P_0 - \frac{2.5}{22} P_0) = K \frac{V}{4} P_0 \frac{3}{22}$ $V_0 = K V P_0 \cdot \frac{3}{4 \cdot 22} = \frac{K V P_0}{4 \cdot 22 \cdot 3}$

$K = \frac{3}{4} \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$ $R T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ J/mol}$ $P_{\text{ATM}} = 101325 \text{ Pa}$

$P_0 V_0 = V_0 R T_0 = \frac{K V P_0}{4} R T_0$ $\frac{1}{4} = \frac{K}{22} R T_0$ $K R T_0 = 2.5$

$P_0 = \frac{16}{5} \frac{V_0 R T}{V}$ $V_0 = \frac{16}{5} \cdot \frac{K V P_0 R T}{V}$

Ответ: 2;

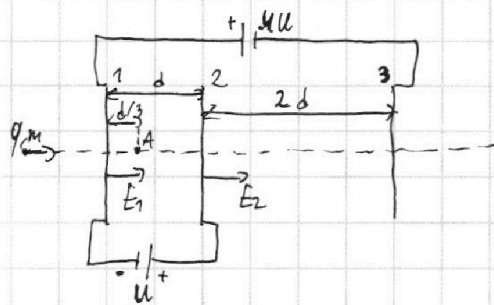
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{aligned} \varphi_2 - \varphi_1 &= u \\ \varphi_3 - \varphi_1 &= -u \end{aligned} \Rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = -5u$$

$$E_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = -\frac{u}{d}$$

$$1) \quad ma = F = qE$$

$$a_1 = \frac{qE_1}{m} = -\frac{qu}{dm}$$

$$|a_1| = \frac{qu}{dm}$$

$$2) \quad A = \Delta\varphi \cdot q \quad A = qEd \quad K_1 - K_2 = q \cdot (-u) = -qu$$

$$3) \quad K_4 = K_1 + A_{1A} = K_1 + qE \cdot \frac{d}{3} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{qK}{3} \cdot \left(-\frac{u}{d}\right) = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{qu}{3} = \frac{mv_A^2}{2}$$

$$V_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qu}{3m}}$$

$$\text{Ответ: } |a_1| = \frac{qu}{dm}; \quad K_1 - K_2 = -qu; \quad V_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qu}{3m}}.$$

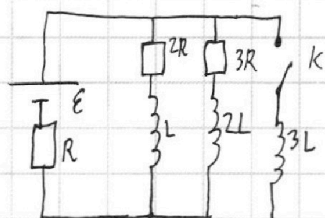
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



нч
в установившемся режиме $I = \text{const} \Rightarrow U_L = L \dot{I} = 0$
1)
$$\begin{cases} E = IR + 0 + 2RI_{10} \\ E = IR + 0 + 3RI_{20} \\ I_{10} + I_{20} = I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2I_{10} = 3I_{20} \\ I_{10} + \frac{2}{3}I_{20} = I \Rightarrow \\ E = IR + 2RI_{10} \end{cases}$$

2)
$$E = IR + 3L \dot{I}_3 = 3L \dot{I}_3$$

$$\dot{I}_3 = \frac{E}{3L} \quad \dot{I}_1 = \frac{E}{L}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{20} = \frac{2}{5}I \\ I_{10} = \frac{3}{5}I \end{cases} \Rightarrow I_{10} = \frac{E}{R} \cdot \frac{3}{11}$$

$$E = R \cdot \frac{5}{3} I_{10} + 2R \cdot I_{10}$$

3)
$$E - IR = 2R \cdot I_1 + L \dot{I}_1 = 3R I_2 + 2L \dot{I}_2 = 3L \dot{I}_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

мож через резистор $2R$ пересчитаем ток при условии: $\dot{I}_3 = 0 \Rightarrow I_3 = \text{const} = I \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} I = I_3 \\ E = IR \\ I_1 = I_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow E_k = \frac{L I_3^2}{2} = \frac{L E^2}{2 R^2}$$

$$E_n = \frac{L I_{10}^2}{2} + \frac{2L I_{20}^2}{2} = \frac{L E^2 \cdot 9}{R^2 \cdot 2 \cdot 11^2} + \frac{L \cdot 4 \cdot 9 E^2}{R^2 \cdot 11^2} =$$

$$= \frac{L E^2 \cdot 18}{R^2 \cdot 11^2} = \frac{L E^2 \cdot 18}{R^2 \cdot 242}$$

$$Q = A - \Delta U$$

$$Q_0 + Q_1 + Q_2$$

$$\left(\frac{I^2 R}{2} + I_1^2 R + I_2^2 \frac{3}{2} R \right) dt = \Delta q E - \frac{L E^2}{2 R^2} \left(1 - \frac{17}{11^2} \right) \quad \text{и} \quad I = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

$$\Delta q_1 = \eta \frac{L E}{R^2}$$

Ответы: $I_{10} = \frac{3E}{11R}$; $\dot{I}_3 = \frac{E}{3L}$; $\Delta q = \eta \frac{L E}{R^2}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

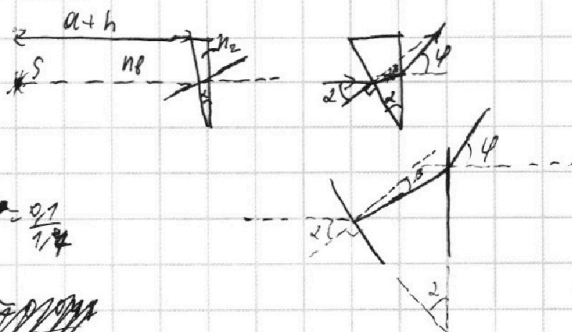
МФТИ

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



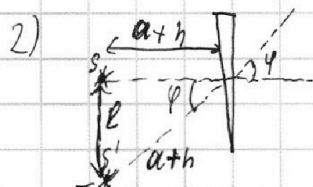
N5

1) П.к. $n_1 = n_2 = n_3 \Rightarrow n_1$ - не будет коэффicient
влияния на лучи.



п.к. $2 \ll 1 \Rightarrow \frac{2}{n_2} \approx \frac{2}{n_3}$ $\beta = \frac{2}{1.4} = \frac{0.1}{1.4}$

$2, \beta \ll 1 \Rightarrow \frac{2-\beta}{n_3} \approx \frac{\varphi}{n_2}$ $\varphi = 1.4 \cdot \frac{0.1+0.1}{1} = 0.28$ $\varphi = \frac{0.1+0.1}{1.4} = 0.07$



П.к. оптическая среда тонкая $\Rightarrow$ оптический путь не
наклоняется от ее плоскости.
 $\Rightarrow$ угол падения равен углу наклона угла наклона
расстояние $h+a$.

материалически $\cos \varphi$ для нахождения расстояния:

$\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

$l^2 = 2(a+h)^2 - 2(a+h)^2 \cdot \cos \varphi \Rightarrow l = (a+h) \sqrt{2 - 2 \cos \varphi} \approx (a+h) \cdot \sqrt{\varphi^2}$

$l = 0.04 \cdot 2.03 \text{ м} \approx 0.0812 \text{ м} = 8.12 \text{ см}$

3) $\frac{2 - 2 \cdot \frac{n_2}{n_1}}{n_2} = \frac{\varphi}{n_3}$ $\varphi = 2 \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1}$ $l^2 = (a+h)^2 + (a+h)^2 - 2(a+h)(a+h) \cos \varphi$

$l = \sqrt{2.03^2 + (2.94 + \frac{0.09}{1.5})^2 - 2 \cdot 2.03 \cdot (2.94 + \frac{0.09}{1.5}) \cos \varphi} = \sqrt{2.03^2 + 4 - 8.12 (1 - \frac{49}{150^2})} \text{ м}$

$\varphi = 0.1 \cdot \frac{0.04}{1.5} = \frac{4}{150}$

$l = \sqrt{8.1209 - 8.12 \left(\frac{22500 - 49}{150^2} \right)} \text{ м} = \sqrt{0.0009 + \frac{49}{150^2}} \text{ м} \approx \sqrt{0.0009 + 0.0022} \text{ м}$

$l \approx \sqrt{0.0031} \text{ м} = \frac{\sqrt{31}}{100} \approx \frac{5.5}{100} = 5.5 \text{ см}$

Ответ: 0.04; 8.12 см; 5.5 см.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

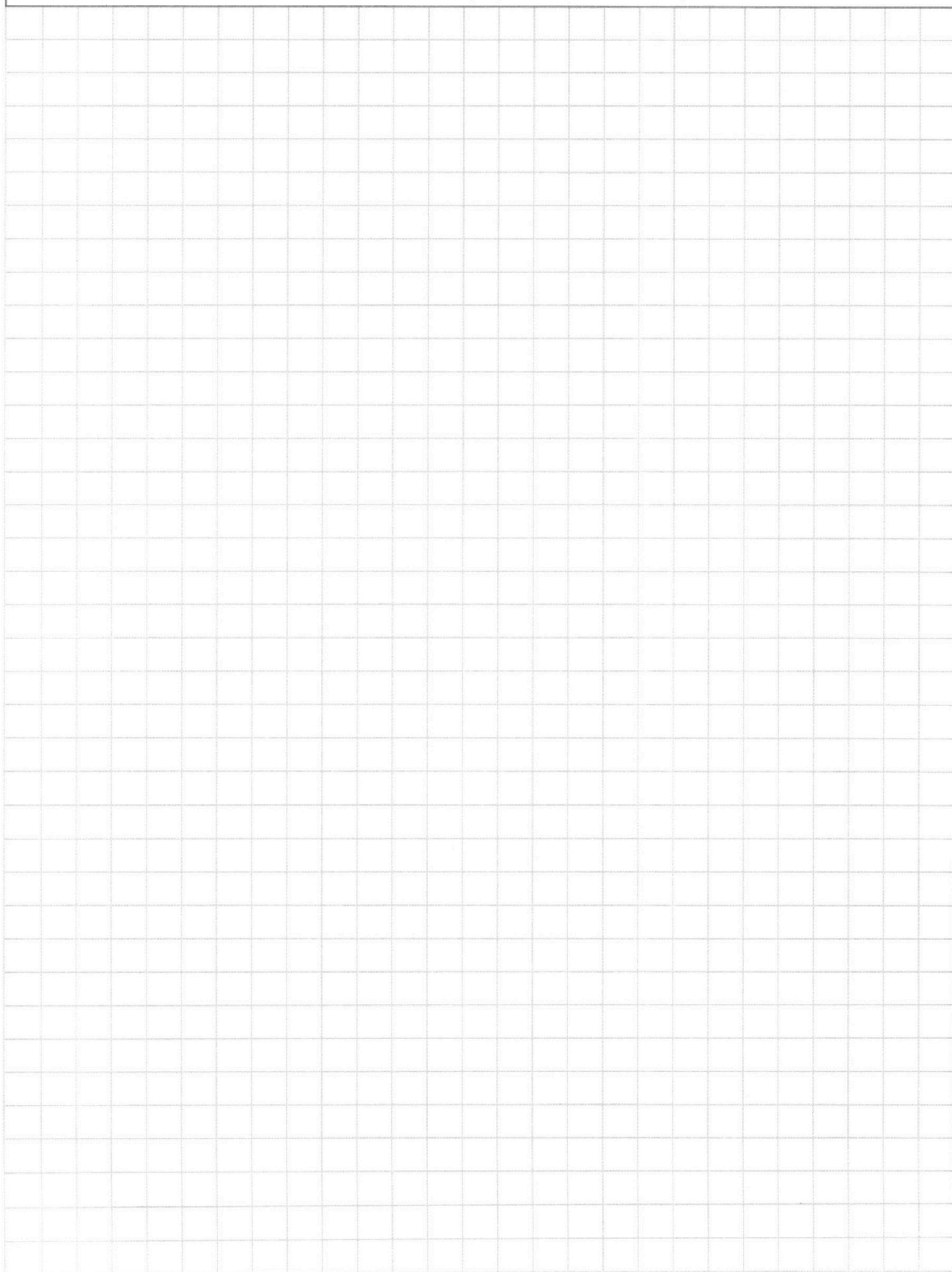
5
☐

6
☐

7
☐



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





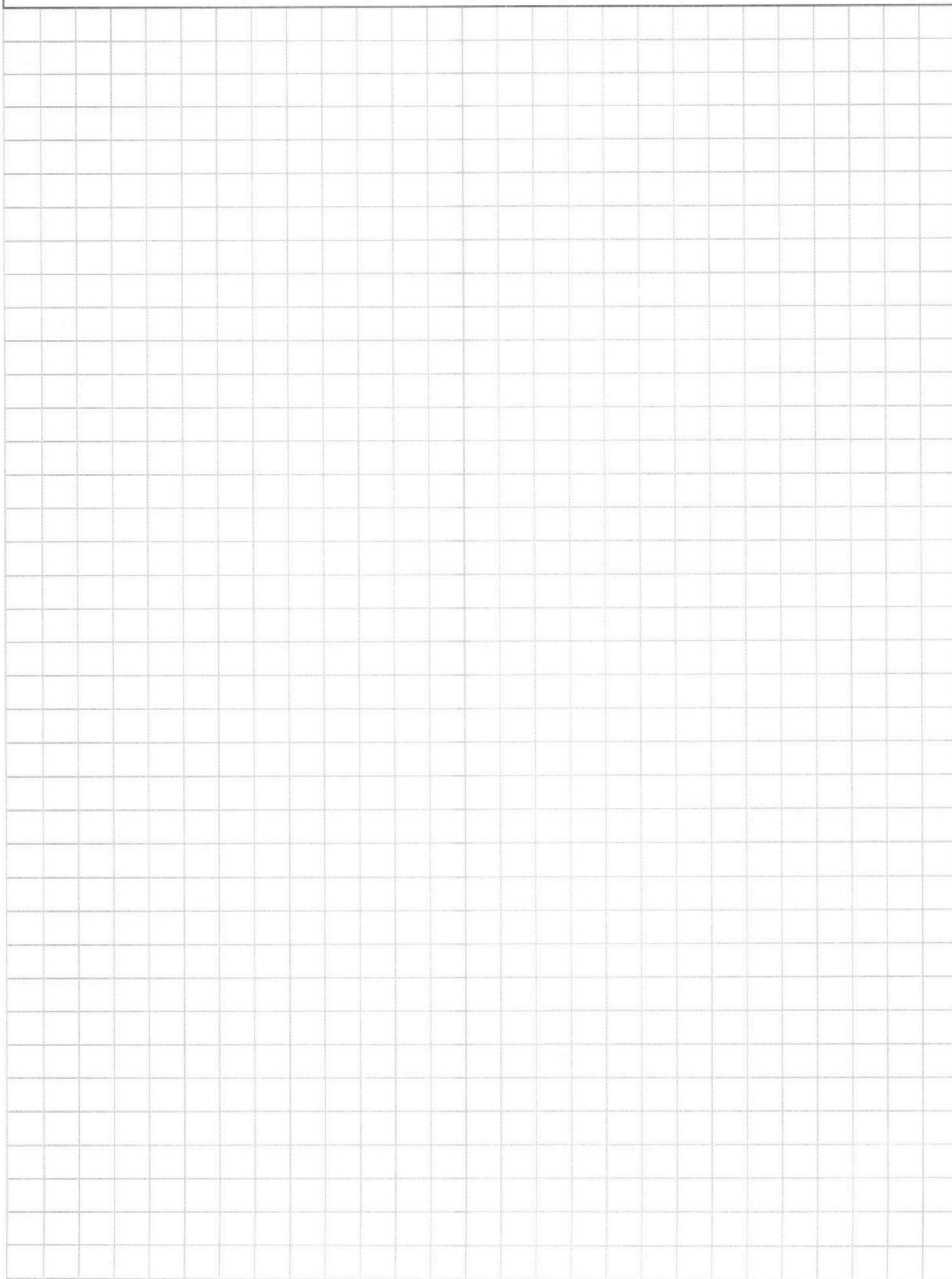
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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
☐

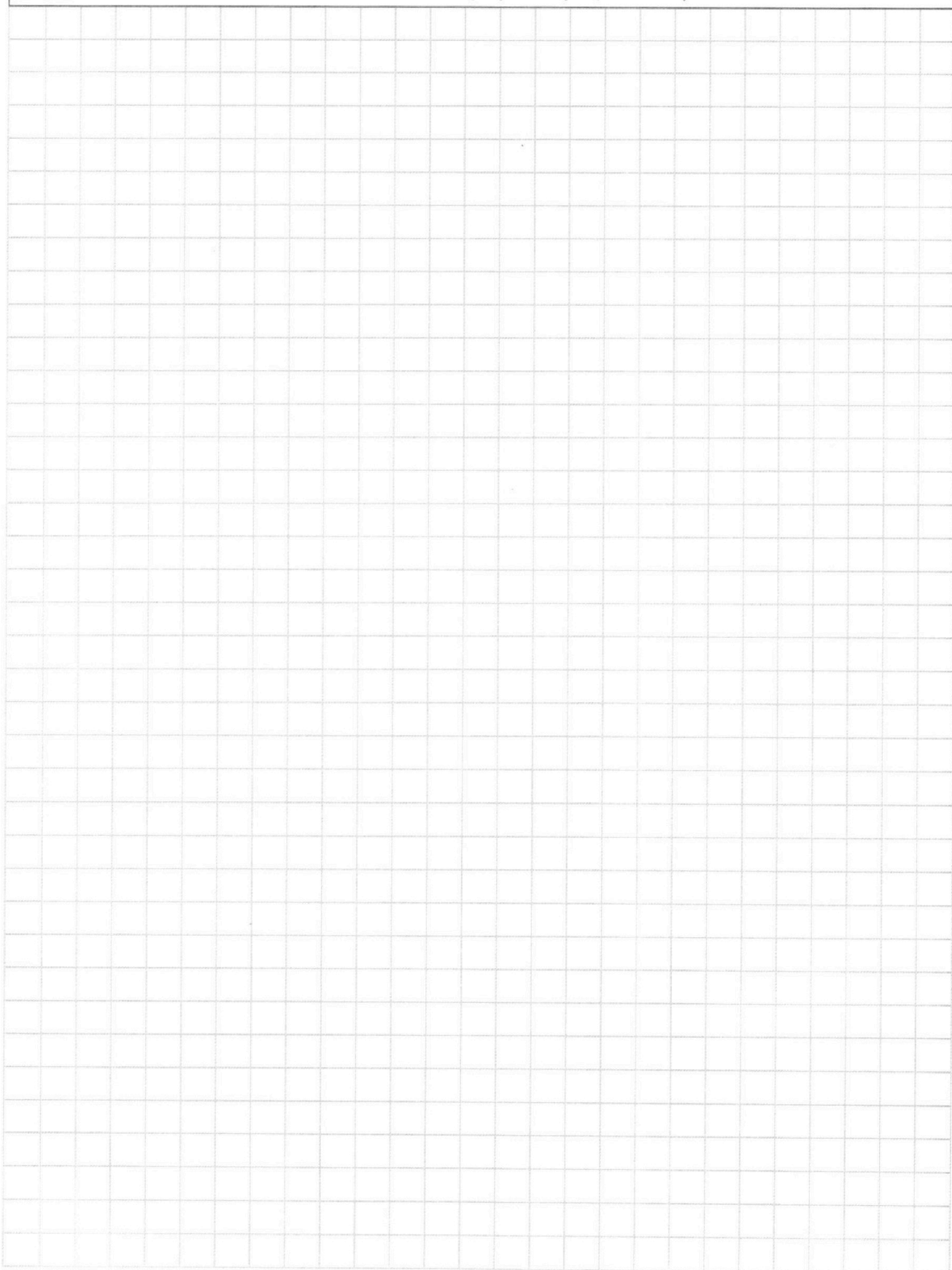
5
☐

6
☐

7
☐



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





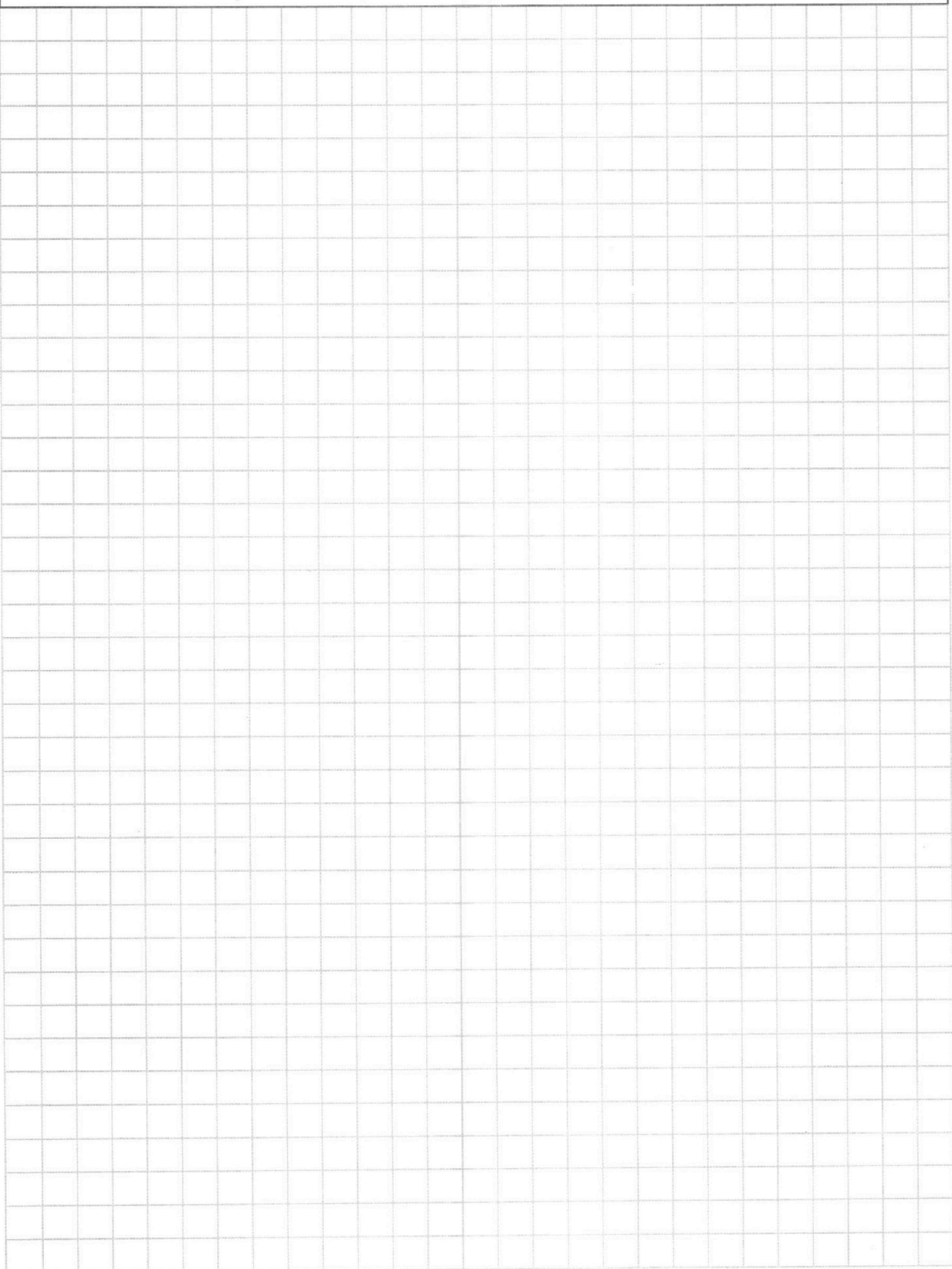
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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!

