



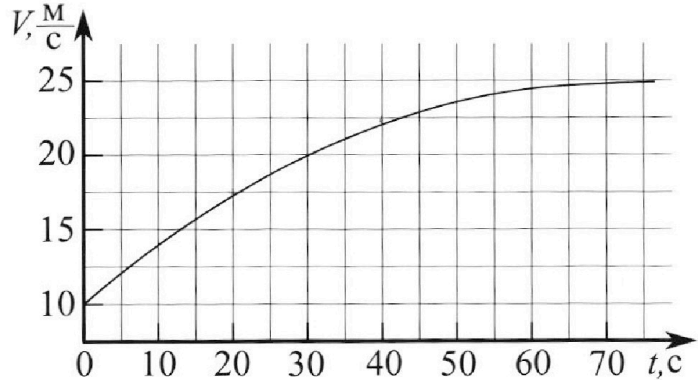
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

$$\frac{v}{v_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{25}{20} = 1.25$$

$$\frac{a}{a_1} = \frac{v_2}{v_1} = 1.25$$

$$a = 1.25 \cdot a_1 = 1.25 \cdot \frac{10}{20} = 0.625$$

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 $\Delta v = kRT$ $RT \approx 3 \cdot 10^3$ 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.

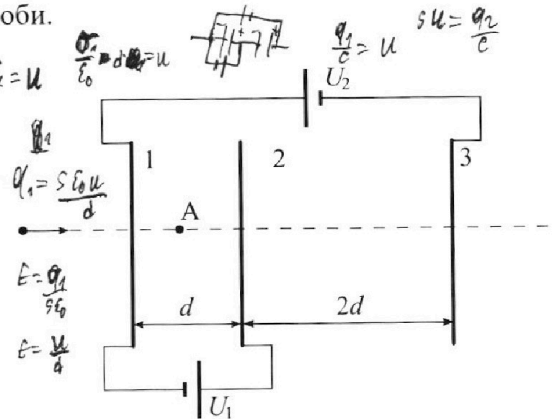
$$P_{\text{атм}} \cdot V = kRT$$

$$P_0 = \frac{4}{5} P_{\text{атм}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{kRT}{V}$$

$$V = 22.4 \cdot V$$

$$P_{\text{атм}} \cdot 22.4 = R \cdot 273$$

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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

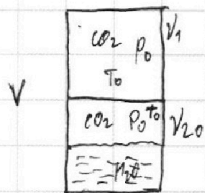
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



N 2



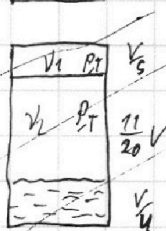
$$1) p_0 = p_0 = \frac{V_1 R T_0}{V_1} = \frac{V_2 R T_0}{V_2}$$

$$V_1 = \frac{4}{2} V_0$$

$$V_1 = 2 V_0$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 2$$

2)



$$T = \frac{5}{4} T_0$$

$$p \cdot \frac{V}{5} = V_1 R T$$

$$p \cdot \frac{11}{20} V = V_2 R T$$

$$\frac{p \cdot \frac{V}{5}}{p_0 \cdot \frac{V}{2}} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$$

$$\frac{p}{p_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{5}{4}$$

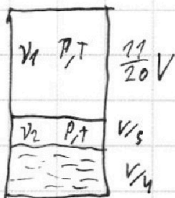
$$p = \frac{2.5}{8} p_0$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{11 \cdot 5}{20} = \frac{11}{4}$$

$$V_2 = \frac{11}{4} V_1$$

$$\Delta V_2 =$$

2)



$$p \cdot \frac{11}{20} V = V_1 R T$$

$$p \cdot \frac{V}{5} = V_2 R T$$

$$\frac{p \cdot \frac{11}{20} V}{p_0 \cdot \frac{V}{10}} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$$

$$p = \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{4} p_0 = \frac{2.5}{22} p_0$$

$$\frac{11}{4} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{4}{11} V_1$$

$$V_2 = \frac{8}{11} V_0$$

$$\Delta V_2 = K V \cdot (p_0 - p)$$

$$\frac{3}{11} V_0 = K \frac{V}{4} (p_0 \cdot \frac{2.5}{22} - p_0) = K \frac{V}{4} p_0 \frac{3}{22}$$

$$\Delta V_2 = -\frac{3}{11} V_0$$

$$V_0 = K V p_0 \cdot \frac{3}{22} = \frac{K V p_0}{4 \cdot 22 \cdot 3}$$

$$K = \frac{3}{2} \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{Pa}$$

$$R T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ J/mol}$$

$$p_{ATM} = 101325 \text{ Pa}$$

$$p_0 \frac{V_0}{4} = V_0 R T_0 = \frac{K V p_0}{4} R T_0$$

$$\frac{1}{4} = \frac{K}{4} R T_0$$

$$\Rightarrow K R T_0 = 2 \Rightarrow K R T = 2.5$$

$$p_0 = \frac{16}{5} \frac{V_0 R T}{V}$$

$$V_0 = \frac{16}{5} \cdot \frac{K V R T}{4}$$

Ответ: 2;

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

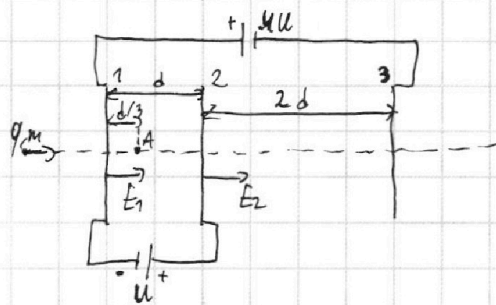
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



N3

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

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

1) $ma = F = qE$

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

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

2) $A = \Delta\varphi \cdot q$ $A = qE$ $K_1 - K_2 = q \cdot (-U) = -Uq$

3) $K_A = K_1 + A_{1A} = K_1 + qE_1 \cdot \frac{d}{3} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{qU}{3} \cdot \left(-\frac{U}{d}\right) = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{qU}{3} = \frac{mV_A^2}{2}$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$$

Ответ: $|a_1| = \frac{qU}{dm}$; $K_1 - K_2 = -Uq$; $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$.

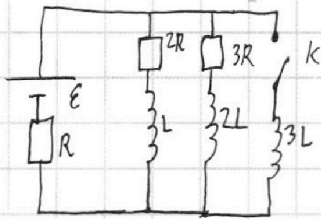
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $I = \text{const} \Rightarrow U_L = LI = 0$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = IR + 0 + 2RI_{10} \\ \mathcal{E} = IR + 0 + 3RI_{20} \\ I_{10} + I_{20} = I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2I_{10} = 3I_{20} \\ I_{20} + \frac{2}{3}I_{20} = I \Rightarrow \\ \mathcal{E} = IR + 2RI_{10} \end{cases}$$

2) ~~...~~
 $\mathcal{E} = IR + 3LI_3 = 3LI_3$
 $I_3 = \frac{\mathcal{E}}{3L}$ $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{L}$

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

3) $\mathcal{E} - IR = 2R \cdot I_1 + LI_1 = 3RI_2 + 2LI_2 = 3LI_3$
 $I = I_1 + I_2 + I_3$

мож через закон сохранения энергии пересчитать мощность при установившемся режиме: $I_3 = 0 \Rightarrow I_3 = \text{const} = I \Rightarrow$

2) $\begin{cases} I = I_3 \\ \mathcal{E} = IR \\ I_1 = I_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow E_{\text{к}} = \frac{LI_3^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2R^2}$ $E_{\text{л}} = \frac{LI_{10}^2}{2} + \frac{2LI_{20}^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 9}{R^2 \cdot 2 \cdot 121} + \frac{L \cdot 4 \cdot 9 \cdot \mathcal{E}^2}{R^2 \cdot 121} =$
 $= \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 13 \cdot 9}{R^2 \cdot 2 \cdot 121} = \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 117}{R^2 \cdot 242}$

$Q = A - \Delta U$
 $Q_0 + Q_1 + Q_2$

$(\frac{I^2 R}{2} + I_1^2 R + I_2^2 \frac{3}{2} R) dt = \Delta Q E - \frac{L\mathcal{E}^2}{2R^2} (1 - \frac{17}{121}) \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$Q_{Q1} = \eta \frac{L\mathcal{E}^2}{R^2}$

Ответы: $I_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{11R}$; $I_3 = \frac{\mathcal{E}}{3L}$; $Q_1 = \eta \frac{L\mathcal{E}^2}{R^2}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

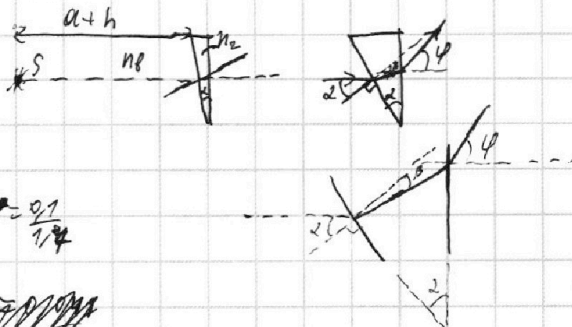


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



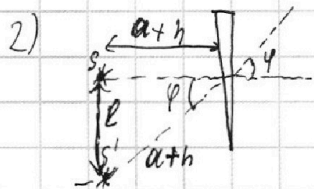
N5

1) П.к. $n_1 = n_2 = n_3 \Rightarrow n_1$ -ре будет **константа** **влияние на лучи.**



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

$2, \beta < 1 \Rightarrow \frac{2-\beta}{n_3} = \frac{\psi}{n_2}$ $\psi = 1.4 \cdot \frac{2 - \frac{0.1}{1.4}}{1} = 2.8 - 0.1 = 2.7$ $\psi = \frac{0.1^2 - 0.1 \cdot 1.4}{1.4} = 0.04$



П.к. **оптическая ось** **используют** \Rightarrow **оптический путь не** **меняется** **от ее положения.**
 \Rightarrow **вычислить** **длина** **угла** **на** **расстояние** **h+a.**

материал **используют** **cos** **для** **расстояния** **расстояние**;

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

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

$l = 0.04 \cdot 2.03 \text{ м} \approx 0.812 \text{ м} = 81.2 \text{ см}$

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

$l = \sqrt{2.03^2 + (2.94 + \frac{0.09}{2.5})^2 - 2 \cdot 2.03 \cdot (2.94 + \frac{0.09}{2.5}) \cos \psi} \text{ м} = \sqrt{2.03^2 + 4 - 8.12 (1 - \frac{49}{150^2})} \text{ м}$

$\psi = 0.1 \cdot \frac{0.09}{2.5} = \frac{9}{750}$ $l = \sqrt{8.1209 - 8.12 \cdot \frac{22500 - 49}{150^2}} \text{ м} = \sqrt{0.0009 + \frac{49}{150^2}} \text{ м} \approx \sqrt{0.0009 + 0.0022} \text{ м}$

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

Ответ: 0.04 ; 14.27 см ; 5.5 см.



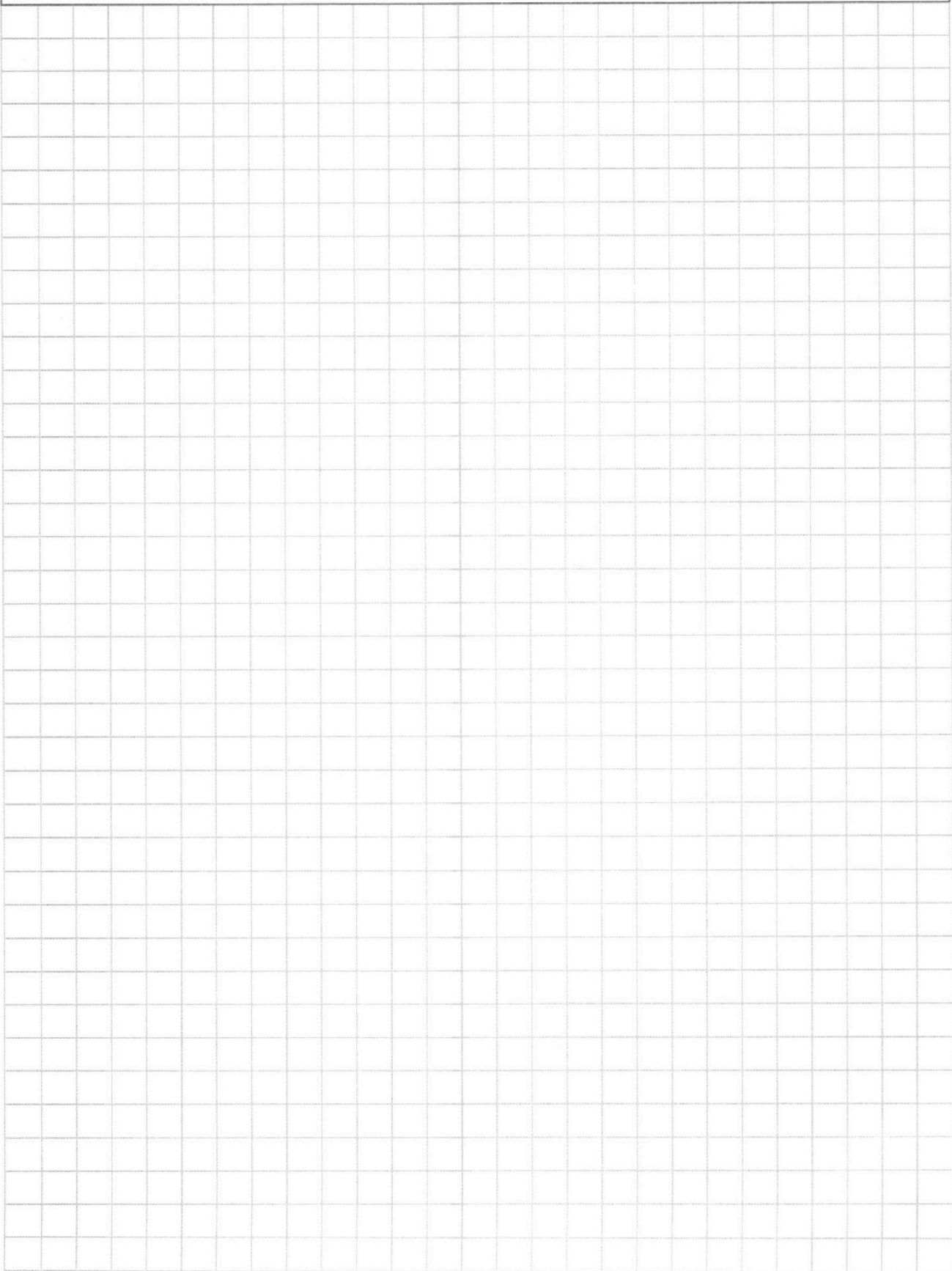
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



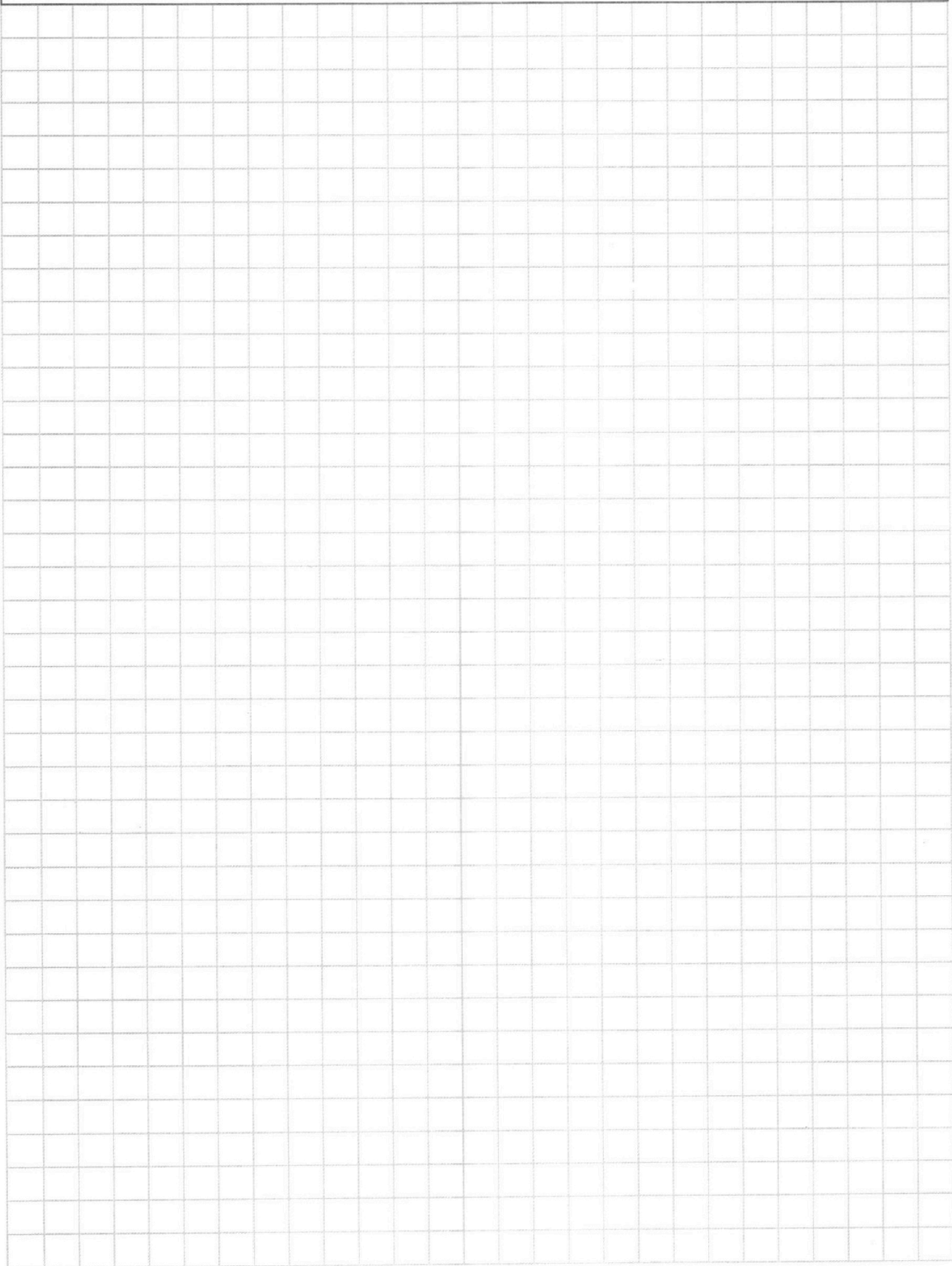
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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!

