



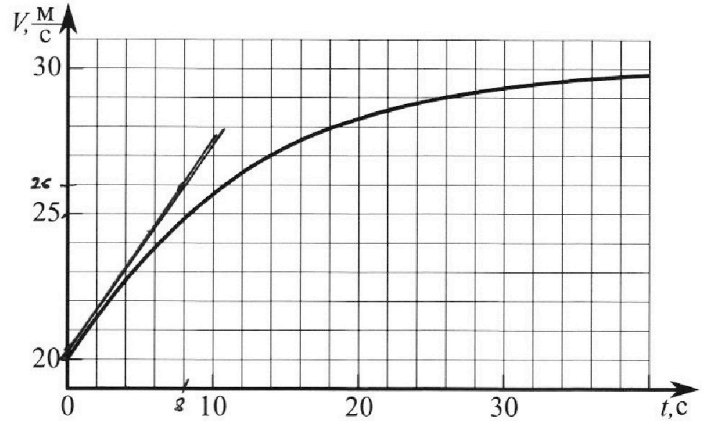
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



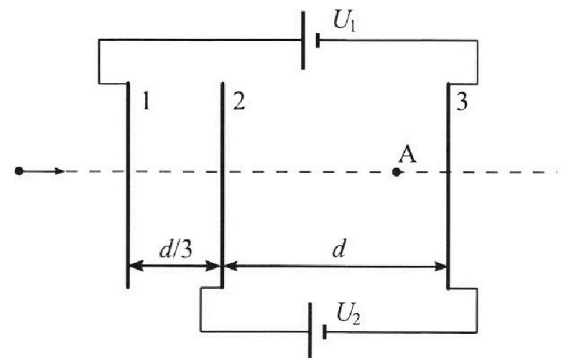
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpv$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  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.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.
- Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

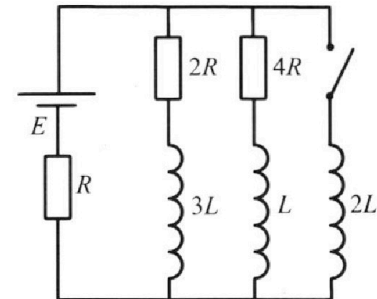
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



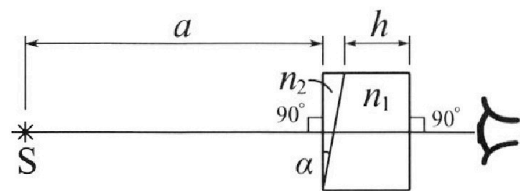
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  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  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 100$  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  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



(см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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!

① 1) ~~на~~ ~~а~~ ~~а~~  $a = \sqrt{cH} = 6g$  - минимуме угла наклона касательной

Проверим касательную  $k$  по формуле начальной скорости и найдем минимуме

$$6g_0 = \frac{28-20}{3} = \frac{6}{3} = \frac{3}{4} = 0,75 \quad g_0 = 0,75 \text{ м/с}^2$$

Ответ:  $0,75 \text{ м/с}^2$

2) В конце скорость выходящий на касательную  $v = 30 \text{ м/с}$

Мощность  $P = F_p \cdot v = \text{const}$  ускорение в конце 0, значит

$$F_x = F_{g_0} = 220 \text{ Н} \quad \text{Поток} \quad P = 220 \cdot 30 = 6600 \text{ Вт}$$

В начале разгон  $a_0 = 0,75 \text{ м/с}^2$   $v_0 = 20 \text{ м/с}$

$$m a_0 = F_{g_0} - F_0 = \frac{P}{v_0} - F_0 \quad F_0 = \frac{P}{v_0} - m a_0 = \frac{6600}{20} - 240 \cdot 0,75 =$$
$$= 330 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 330 - 180 = 150 \text{ Н} \quad \text{Ответ: } 150 \text{ Н}$$

3)  $P = F_0 v_0 + m a_0 v_0$  На протяжении сил сопротивления  $F_0 v_0$  и  $m a_0 v_0$

$$\frac{F_0 v_0}{P} = \frac{150 \cdot 20}{6600} = \frac{3000}{6600} = \frac{5}{11} \approx 0,45 = 45\% \quad \text{Ответ: } 45\%$$

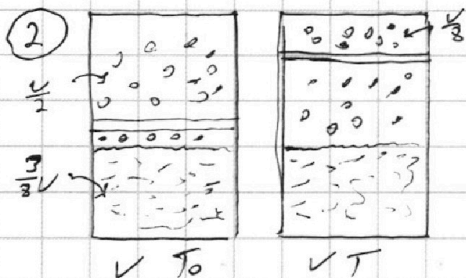
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) Формулы уравниваем, давшие снизу и сверху равно  $p_0$

$$p_0 \frac{V}{2} = \rho_0 R T_0 \quad p_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{2V}{3} \right) = \rho_0 R T_0$$

$$\Delta \rho = k \rho_0 \quad \frac{2V}{3} \rho_0 = 2 R T_0 \quad \rho_0 = \frac{3 R T_0}{2V}$$

$$\frac{\rho_B}{\rho_H} = \frac{\rho_B}{\rho_H + \Delta \rho} = \frac{\rho_0 V}{2 R T_0} \left( \frac{\rho_0 V}{2 R T_0} + \frac{3}{2} k \rho_0 V \right)^{-1} = \frac{\rho_0 V}{2 R T_0} \frac{1}{\rho_0 V + 3 k \rho_0 R T_0} = \frac{1}{1 + 3 k R T_0}$$

$$R T = \frac{4}{3} R T_0 = 3 \cdot 10^3 \quad R T_0 = \frac{4}{3} \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \quad \rho_0 = \frac{4}{1 + 3 \cdot 0.6 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = \frac{80}{101}$$

Ответ:  $\frac{80}{101}$

$$2) \rho_B \frac{V}{2} = \rho_B R T = \frac{4}{3} \rho_B R T_0 = \frac{4}{3} \rho_0 \frac{V}{2} \quad \rho_B = \frac{26}{3} \rho_0$$

$$\rho_B = \rho_H + \rho_{CH} \quad \rho_H (393 \text{ К}) = \rho_{ATM} \quad \rho_{CH} = \frac{V}{2} = \frac{2}{3} \rho_{ATM} \quad \rho_H R T = \frac{4}{3} \rho_0 R T_0$$

$$\rho_{CH} = \frac{101}{3} \rho_0 \quad \rho_{CH} = 60 \text{ Па} \quad \frac{26}{3} \rho_0 = \rho_{ATM} + 60 \text{ Па}$$

$$\rho_{ATM} = \rho_0 \left( \frac{26}{3} - 60 \right) = 60 \text{ Па} \quad \rho_0 = \frac{60}{219} \rho_{ATM} \quad \text{Ответ: } \frac{60}{219} \rho_{ATM}$$



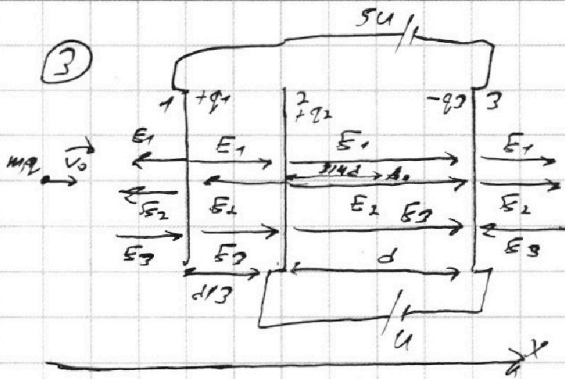
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$1) U = (E_1 + E_2 + E_3)d = E_2 \cdot 3d$$

$$5U - U = (E_1 + E_2 + E_3)d$$

$$5U - U = (E_1 + E_2 + E_3) \frac{3d}{3} = E_1 \cdot 2 \cdot \frac{d}{3}$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = \frac{4}{3}d \quad E_1 + E_3 - E_2 = \frac{2U}{d}$$

$$0 = q_1 + q_2 - q_3 \quad q_3 = q_1 + q_2$$

$$\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{q_3}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d} \quad \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d} \quad \frac{q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{2U}{3d} \quad \frac{q_2}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{3d}$$

$$\frac{q_3}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d} \quad m.c. = q E_2 = q \frac{U}{3d} \quad q_2 = q U \quad \text{Ответ: } m.d$$

$$2) K_3 - K_2 = \Delta \text{верт. см} = q E_2 d = q U \quad \text{Ответ: } q U$$

$$3) \frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = A_{12} + A_{2-4} = q E_1 \frac{d}{3} + q E_2 \frac{2d}{3} = q \cdot 4U + q U \frac{2}{3} =$$

$$= q U (4 + \frac{2}{3}) = \frac{14}{3} q U \quad v_A^2 - v_0^2 = \frac{14}{3} \frac{q U}{m} \quad v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{14}{3} \frac{q U}{m}}$$

$$\text{Ответ: } \sqrt{v_0^2 + \frac{14}{3} \frac{q U}{m}}$$

$$\text{Проверка } E_3 - E_2 - E_1 = \frac{U}{2d} - (-\frac{11U}{2d}) - \frac{2U}{d} = 0$$

Напряженность поля в пластине 0, так как на частицу не действует сила

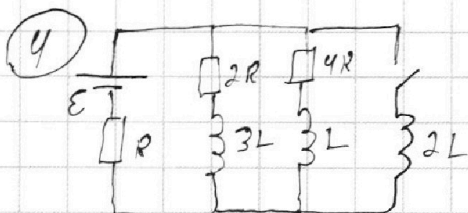
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) Уст. режим:  $U_L = 0$   $U_{3L} = 0$   $I = I_{2R} + I_{20}$

~~$U_{2R} = U_{4R}$~~   $I_{2R} \cdot 2R = I_{20} \cdot 4R$   $I_{2R} = 2I_{20}$

$I = I_{2R} + I_{20} = 3I_{20}$   $E = I_{20} \cdot 4R + I \cdot R =$

$= 4I_{20}R + 3I_{20}R = 7I_{20}R$   $I_{20} = \frac{E}{7R}$  Ответ:  $\frac{E}{7R}$

2) Сразу после замыкания тока в катушках не меняется, тогда:

$E = U_{2L} + I \cdot R = U_{2L} + 3I_{20}R = U_{2L} + \frac{3}{7}E$   $U_{2L} = \frac{4}{7}E = 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$

$\frac{dI_{2L}}{dt} = \frac{2E}{7L}$  Ответ:  $\frac{2E}{7L}$

3) Уст. режим:  $U_{2L} = 0$   $U_L = 0$   $U_{3L} = 0$   $U_{4R} = 0$   $U_{2R} = 0$   $I = \frac{E}{R}$

Ток течёт только через катушку  $2L$  в первоначальный момент:

$U_{2L} = U_L + I_{4R} \cdot 4R$   $2L \frac{dI_{2L}}{dt} = L \frac{dI_L}{dt} + 4R \frac{dI_{4R}}{dt}$

$2L \int_0^I dI_{2L} = L \int_{I_{20}}^0 dI_L + 4R \int_0^{I_{4R}} dI_{4R}$   $2LI = -LI_{20} + I_{4R} \cdot 4R$

$I_{4R} = \frac{2LI + LI_{20}}{4R} = \frac{2L \frac{E}{R} + \frac{E}{7R}L}{4R} = \frac{15LE}{28R^2}$

Ответ:  $\frac{15LE}{28R^2}$

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!

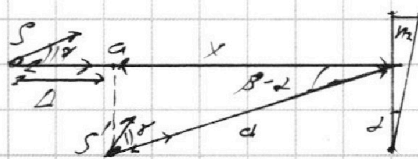


5) 2) Пусть луч идет под углом  $\gamma$  ( $\gamma$ -малый)  $n_0 \gamma = n_2 \varphi$

$$n_2(\varphi + 2) = n_1 \theta = n_2 \varphi + n_2 \beta = n_0 \gamma + \beta \quad \theta = \gamma + \beta \quad \text{луч отклонился}$$

на угол  $\beta - 2$ , значим все лучи отклоняются на этот угол

Это означает то, что ось симметрии лучей отклонилась на угол



$$x = a \cos(\beta - 2) \quad \cos \beta - 2 \approx 1 - \frac{(\beta - 2)^2}{2}$$

$\Delta$  - расстояние между симметрией и

$$\Delta = a - x = a(1 - \cos(\beta - 2)) \approx a \frac{(\beta - 2)^2}{2} = 100 \frac{0.0049}{2} = 50 \cdot 0.0049 = 0.245 \text{ см}$$

Ответ: 0.245 см

3)  $n_1 = 1.4 \neq n_0$   $n_2 d = n_1 \beta'$   $\beta' = \frac{n_2}{n_1 d} (\beta - 2) n_1 = n_0 \varphi' =$

$$\approx (n_2 - n_1) d \quad \text{лучи будут преломляться на угол } \varphi' = \frac{n_2 - n_1}{n_1} d = 0.03 \text{ рад}$$

После  $\Delta'$  - расстояние от симметрии до изображения

$$\Delta' = a \frac{d^2}{2} = 50 \cdot 0.0009 = 0.045 \text{ см} \quad \text{Ответ: } 0.045 \text{ см}$$

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!



5



1) На левой границе луч не преломляется

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \quad \alpha \text{ - малый} \quad \sin \alpha \approx \alpha$$

$$\alpha n_2 \approx \sin \beta \quad \beta \text{ - малый будет малым} \quad \sin \beta \approx \beta$$

$$\beta \approx \alpha n_2 \quad n_1 \approx n_0 \quad \text{На правой границе луч тоже не преломляется}$$

Углы  $\beta - \alpha$  малыми  $\beta - \alpha \approx \alpha(n_2 - 1) \approx 0,07 \text{ рад}$

Ответ: 0,07 рад

2) Пусть луч идет под углом  $\gamma$   $n_0 \gamma \approx n_2 \psi$   $n_2(\psi + \alpha) = n_1 \theta =$   
малый  $\alpha$  - малый  $\approx n_2 \psi + n_2 \alpha = n_0 \gamma + \alpha$

$\theta \approx \gamma + \beta$

луч идет под углом  $\beta - \alpha$



$$x = a \cos(\beta - \alpha) \quad \Delta \text{ - расстояние между светлыми и темными лучами}$$

$$\Delta = a \alpha \approx a \alpha = a \alpha (1 - \cos(\beta - \alpha)) \quad \cos(\beta - \alpha) \approx 1 - \frac{(\beta - \alpha)^2}{2}$$

$$\Delta \approx a \frac{(\beta - \alpha)^2}{2} \approx 50 \cdot \frac{0,07^2}{2} \approx 1,245 \text{ см} \quad \text{Ответ: } 1,245 \text{ см}$$

3)  $n_1 \approx 1,4 \approx n_0$  луч преломится на правой границе

$$n_2 \sin \beta' = n_1 \sin \alpha' \quad \beta' \approx \frac{n_1}{n_2} \alpha' \quad (\beta' - \alpha) n_0 = n_0 \alpha' \approx (n_2 - n_1) \alpha'$$

лучи преломятся на угол  $\psi \approx (n_2 - n_1) \alpha' \approx 0,03 \text{ рад}$  Тогда  $\Delta' =$

$$\Delta' = a \frac{\psi^2}{2} \approx 50 \cdot \frac{0,03^2}{2} \approx 0,225 \text{ см}$$

ответ: 0,225 см





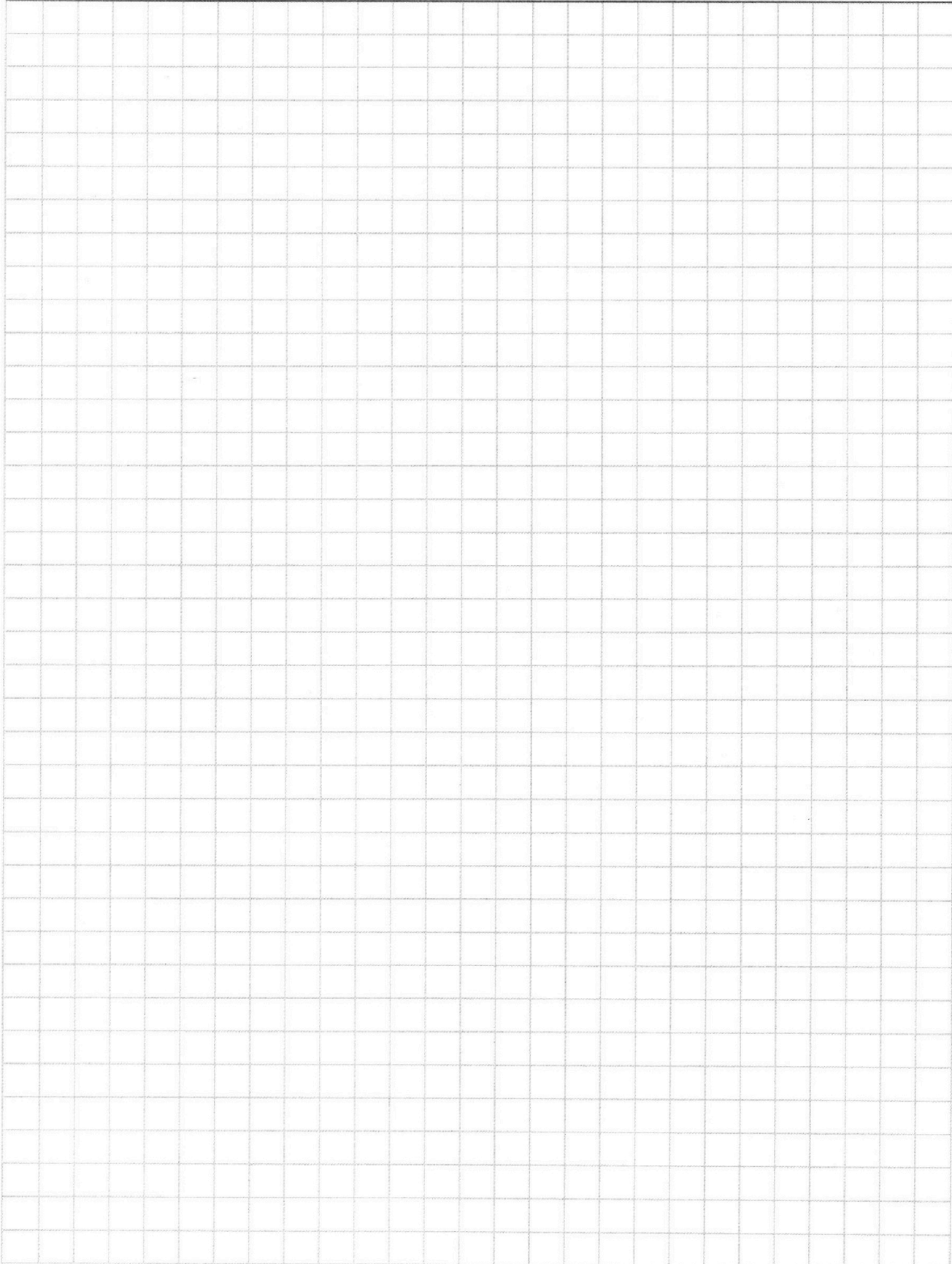
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!







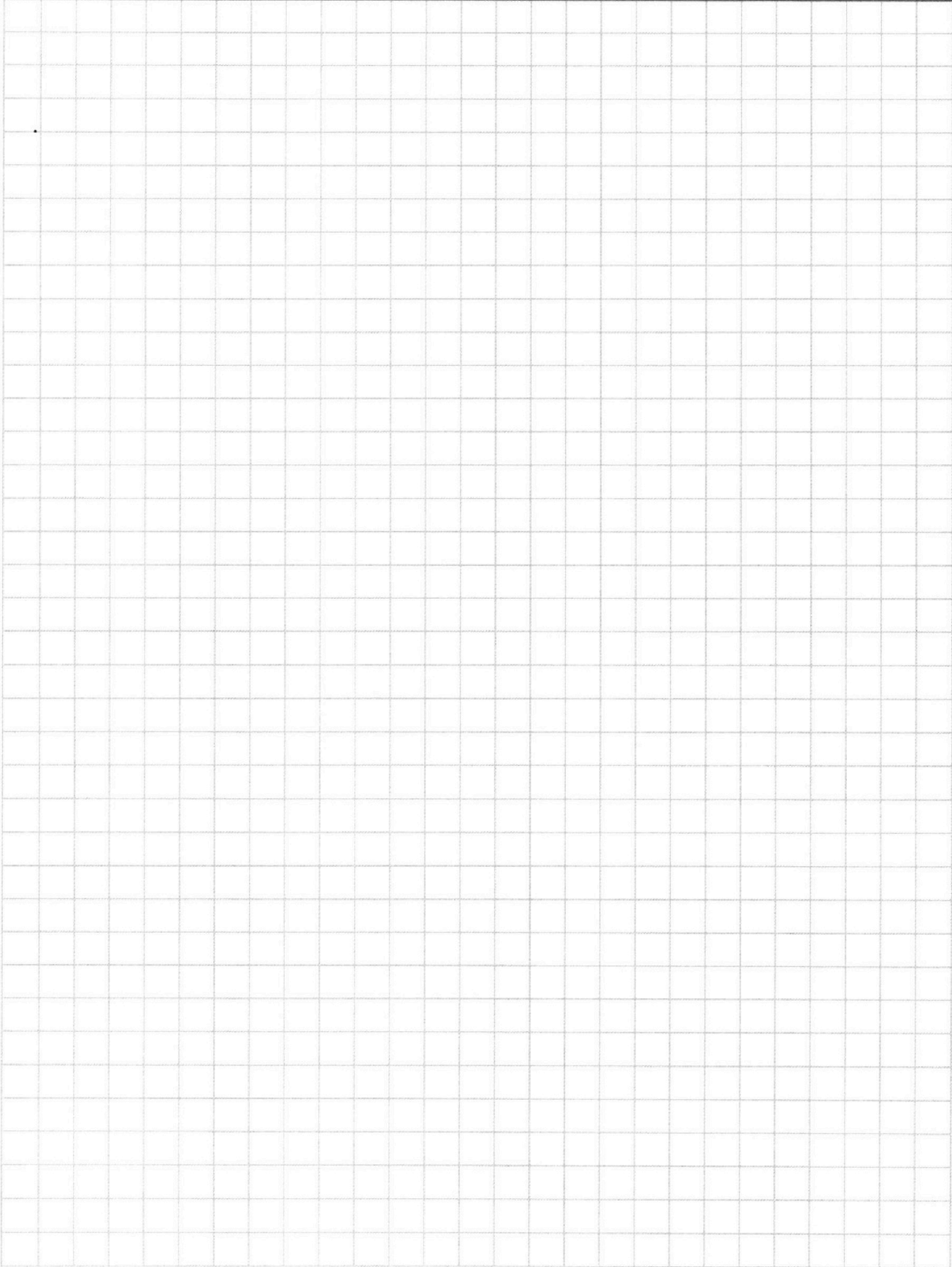
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

