



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-05

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

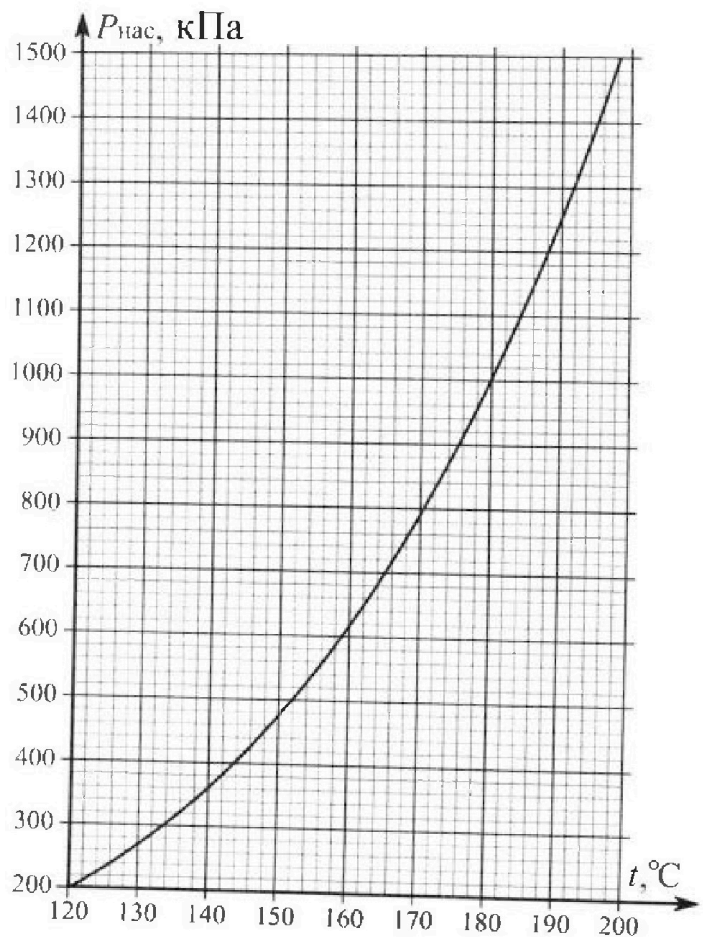


1. Из игрушечной пушки стреляют три раза одним и тем же снарядом. Масса пушки без снаряда в 4 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту  $H = 13/3$  м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом  $\varphi$  ( $\operatorname{tg}\varphi = 2/3$ ) к горизонту и стреляют. Третий раз пушка может скользить по горизонтальной поверхности пола без трения, поступательно, не отрываясь от пола. Ствол при третьем выстреле направлен под углом  $\varphi$  к горизонту.

- 1) Найти дальность полета  $S_2$  снаряда при втором выстреле.
- 2) На каком расстоянии  $S_3$  от места выстрела снаряд упадет на пол при третьем выстреле?

Размеры пушки и сопротивление воздуха не учитывать. Снаряд вылетает под действием сжатой легкой пружины. Ответы дать в метрах в виде обыкновенной дроби или целого числа.

2. В цилиндрическом теплоизолированном сосуде с площадью основания  $S = 10 \text{ см}^2$  под лёгким, теплоизолированным, способным свободно перемещаться поршнем находится в равновесии влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 100\%$  при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ . Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой  $F = 150 \text{ Н}$ , направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной  $1,5F$ , и затем остаётся постоянной. Считайте, что нормальное атмосферное давление  $P_0 \approx 100 \text{ кПа}$ . Воздух и водяной пар считать идеальными газами с молярными теплоемкостями при постоянном объеме  $C_{11} = 5R/2$  (сухой воздух),  $C_{12} = 3R$  (пар). На рисунке представлена зависимость давления насыщенного пара воды от температуры  $P_{\text{нас}}(t)$ .



- 1) Найти отношение начального равновесного давления  $P_1$  к  $P_0$ .
- 2) Найти в сосуде отношение числа молекул воды  $N_2$  к числу молекул сухого воздуха  $N_1$ .
- 3) Найти отношение температуры  $T_2$  после установления термодинамического равновесия к начальной температуре  $T_1$ . Температуры  $T_2$  и  $T_1$  по шкале Кельвина. Ответ дать в виде обыкновенной дроби.
- 4) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_2$  в сосуде после установления термодинамического равновесия.

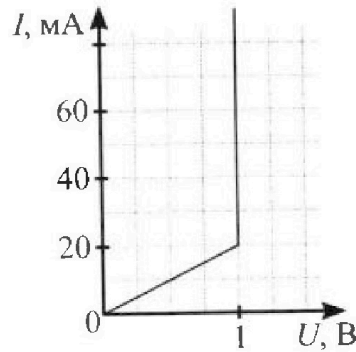
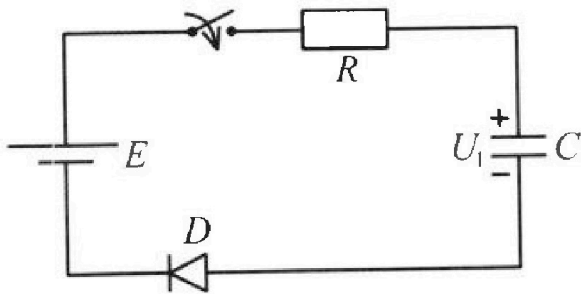
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

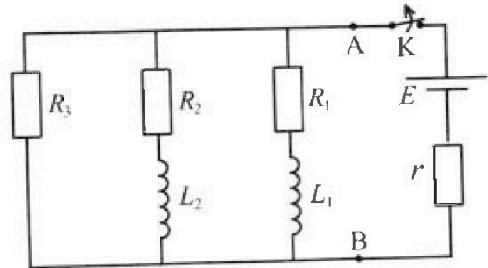
В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E = 9$  В,  $R = 100$  Ом,  $C = 60$  мкФ, конденсатор заряжен до напряжения  $U_1 = 3$  В. Вольтамперная характеристика диода  $D$  приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_1$  в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение  $U_2$  на конденсаторе в момент, когда ток в цепи станет  $I_2 = 20$  мА.
- 3) Какое количество теплоты  $Q$  выделится на резисторе после замыкания ключа?



4. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E$ ,  $R_1 = R_2 = R$ ,  $R_3 = 2R$ ,  $r = R/5$ ,  $L_1 = L$ ,  $L_2 = 2L$ . Ключ  $K$  замкнут, режим в цепи установился.

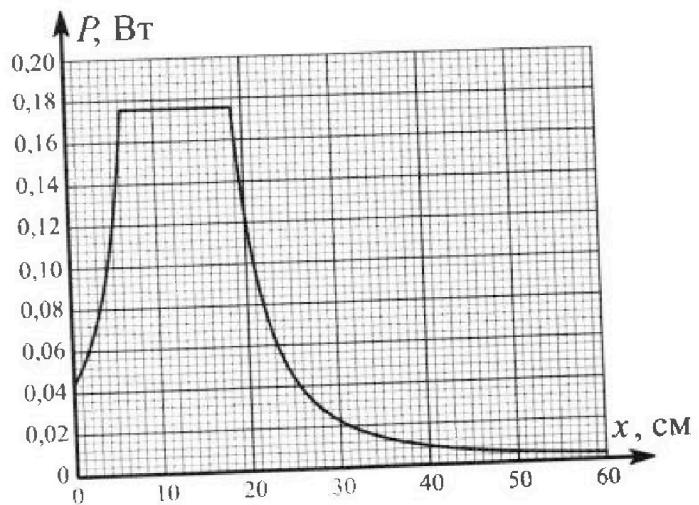
- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке  $L_1$  сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд  $q_3$ , протекший через резистор  $R_3$  после размыкания ключа.



Каждый ответ выразить через  $E$ ,  $R$ ,  $L$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. Точечный источник излучает свет одинаково по всем направлениям. На некотором расстоянии от него расположили датчик в форме диска, регистрирующий мощность  $P$  падающего света. Ось симметрии датчика проходит через источник. Между источником и датчиком на фиксированном расстоянии  $a = 32$  см от источника расположили тонкую линзу радиусом  $R = 2$  см так, что главная оптическая ось линзы совпала с осью симметрии датчика. На рисунке представлен график зависимости показаний датчика от расстояния  $x$  между линзой и датчиком.

- 1) Найти радиус датчика  $r$ , считая его меньше радиуса линзы.
- 2) Найти фокусное расстояние  $F$  линзы.
- 3) Найти мощность источника  $P_0$ , считая  $R \ll a$ .







На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N 1

из I случая:  $m$  - масса снаряда и  $m$  масса пушки в километрах  
из ЗСЭ вся энергия пружины перешла в кинетическую  
и пошла в патекацию

$$E_{\text{п}} = \frac{mV_{\text{п}}^2}{2} = mgH \quad (V_{\text{п}} - \text{максимальная скорость снаряда})$$

$$V_{\text{п}}^2 = 2gH$$

в II случае:

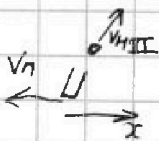
$$S_2 = V_{\text{п}} \cdot \cos \varphi (t-1) = \frac{V_{\text{п}} \sin \varphi - gt = 0 \Rightarrow t = \frac{V_{\text{п}} \sin \varphi}{g}}{V_{\text{п}} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi \cdot 2 = \frac{2gH \cdot 2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{g}}$$

$$\sin \varphi = \frac{2}{\sqrt{13}} \quad \cos \varphi = \frac{3}{\sqrt{13}}$$

$$= \frac{18}{3} \cdot 4 \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = 8 \text{ м}$$

в III случае

импульс по ОХ сохраняется. Энергия шара сохраняется.



$$\text{ЗСУ: } 0 = V_{\text{п III}} \cos \varphi - m \cdot 4 \cdot V_{\text{п}} \Rightarrow V_{\text{п III}} = \frac{4V_{\text{п}}}{\cos \varphi}$$

$$\text{ЗСЭ: } mgH = \frac{m(V_{\text{п III}})^2}{2} + \frac{4m(V_{\text{п}})^2}{2} \quad V_{\text{п III}} = \sqrt{2gH - 4(V_{\text{п}})^2}$$

$$V_{\text{п III}} \cos \varphi = 2 \sqrt{2gH - 4(V_{\text{п}})^2} \Rightarrow V_{\text{п}}^2 = \frac{8gH}{4 + \cos^2 \varphi} = g \cdot \frac{8 \cdot 13}{3(4 + \frac{9}{13})}$$

аналогично с II случаем цельность полета

$$S_3 = \frac{V_{\text{п}}^2}{g} 2 \cos \varphi \sin \varphi = \frac{8}{g} \cdot \frac{8 \cdot 13}{3(4 + \frac{9}{13})} \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} = \frac{32}{4 + \frac{9}{13}} = \frac{32 \cdot 13}{4 \cdot 13 + 9} = \frac{416}{61} \text{ м}$$

Ответ:  $S_2 = 8 \text{ м}$   $S_3 = \frac{416}{61} \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

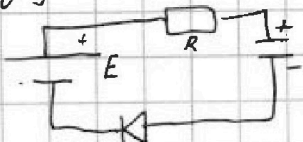
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N 3



1) Предположим что диод полностью открыт, тогда падение напряжения на открытом диоде  $U_D = 1V$

$$E = I_1 R + U_1 + U_D \text{ тогда } I_1 = \frac{E - U_1 - U_D}{R} = \frac{5 - 4 - 1}{100} = 0,05 \text{ A} \text{ - при этом ток}$$

диод и провод будет открыт. значим мы верно предположили, (если диод будет не полностью открыт то падение будет больше напряжения еще меньше, а ток будет больше, но тогда ток ток был ток ток был больше и диод был открыт)

$$I_1 = 0,05 \text{ A}$$

2) Когда ток будет 20 мА, то диод еще будет полностью открыт. А падение напряжения на резисторе будет  $I_2 R = 0,02 \cdot 100 = 2V$  тогда:

$$E = U_D + I_2 R + U_2 \rightarrow U_2 = E - U_D - I_2 R = 5 - 1 - 2 = 2 \text{ V}$$

$$U_2 = 2 \text{ V}$$

3) то что как диод не перестанет быть полностью открытым:

$$p = v_0 \cdot \frac{dq}{dt}, \text{ если дадимось на время то } Q_{\text{открыто}} = v_0 \Delta q \text{ заряд прошедший}$$

$$\text{через диод. } \frac{C U_1^2}{2} + E (C U_2 - C U_1) = Q_{\text{открыто}} + Q_{R_1} + \frac{C U_2^2}{2}$$

$$\rightarrow Q_{R_1} = \frac{C}{2} (U_1^2 - U_2^2) + C (U_2 - U_1) (E - U_D) = C \cdot \left( \frac{24 + 9 - 36}{2} \right) = 0,60 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 =$$

$$63 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

после этого как диод перестанет быть полностью открыт его ток совпадет с резистором  $R_D = \frac{U_D}{20 \text{ mA}} = 0,02 = \frac{100}{2} = 50 \text{ Ом}$  и диод можно представить как резистор  $\frac{C U_2^2}{2} + E (C E - C U_2) = Q_{R+D} + \frac{C E^2}{2} \rightarrow Q_{RD} = \frac{C}{2} (U_2^2 - E^2) + E C (E - U_2)$

$$Q_{RD} = Q_{R_2} + Q_D \text{ (поскольку отношение такое как мощности и моменты)}$$

$$\left( \text{предположим что сопротивление сопротивлений } \frac{Q_{R_2}}{Q_D} = \frac{I^2 R \cdot dt}{I^2 R_D \cdot dt} \rightarrow Q_{R_2} = Q_{RD} \cdot \frac{R_D}{R} \right)$$

$$Q_{RD} = Q_{R_2} \left( 1 + \frac{50}{100} \right) = Q_{R_2} 1,5 \rightarrow Q_{R_2} = \frac{Q_{RD}}{1,5} = \frac{C}{1,5} \left( \frac{81}{2} - 6 + 18 - 495 \right) = C \cdot 3B = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$Q = Q_{R_1} + Q_{R_2} = 81 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

Ответ:  $81 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ ;  $I_1 = 0,05 \text{ A}$ ;  $U_2 = 2 \text{ V}$ ;  $Q = 81 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

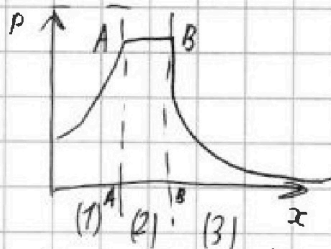
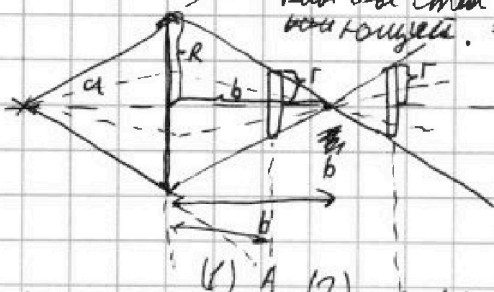
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№5

Если бы линза была рассеивающей то источник как бы стал дивергентным и у график был бы настолько удобным как у дивергентной. Это не так значит линза собирающая



В полуплоскостях в областях (1) (3) не все параллельные лучи от линзы попадают на датчик.

В области (2) все лучи преломленные через линзу попадают на датчик.

из симметрии на участке (2) расстояние  $b$  в котором находится изображение источника  $b = \frac{A+B}{2} = \frac{6+14}{2} = 10,5 \text{ см}$

из формулы тонкой линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$   $F = \frac{ab}{a+b} = \frac{32 \cdot 10,5}{44,5} = \frac{32 \cdot 25 \cdot 100}{89 \cdot 89}$

$$P(x) = \frac{P_{\text{max}} \cdot \frac{b}{b+x} \cdot R}{\pi r^2} = \text{const} \cdot \frac{b}{b+x}$$

из подобия треугольников  $\frac{R}{r} = \frac{b-x}{b} \Rightarrow r = R \left(1 - \frac{x}{b}\right) = 2 \cdot \frac{1}{2} = 1 \text{ см}$

3) Если считать  $R \ll a$  то  $\frac{P_{\text{датчик}}}{P_0} = \frac{\pi r^2}{4\pi a^2}$  телесный угол линзы

$$P_0 = \frac{P_{\text{датчик, max}} \cdot 4a^2}{r^2} = 0,146 \cdot 4 \cdot \left(\frac{32}{2}\right)^2 = 0,404 \cdot 256 = 103,224 \text{ Вт}$$

Ответ:  $r = 1 \text{ см}$ ;  $F = \frac{800}{89} \text{ см}$ ;  $P_0 = 103,224 \text{ Вт}$

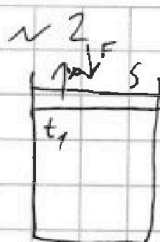


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



По II закону для поршня  $p \cdot S = F \Rightarrow p_1 = \frac{F}{S}$   
 давление в сосуде  $\frac{F}{S} = \frac{150}{0,001} = 150 \text{ кПа} = p_1$

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{150 \text{ кПа}}{100 \text{ кПа}} = 1,5$$

т.к. температура  $t_1 = 100^\circ$  то  $p_{\text{нат}}$  пара  $t_1$  равно  $p_0$

т.е. в сосуде пар при давлении  $p_0$  насыщенный пар (т.к.  $\varphi_1 = 100\%$ )

$$p_1 = p_{\text{с.в.}} + p_{\text{пара}} = p_0 + p_{\text{с.в.}} = 1,5 p_0 \Rightarrow p_{\text{с.в.}} = 0,5 p_0$$

сухой воздух

Отношение количества молекул равно отношению концентраций  
 т.к. одинаковый объем:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{p_0}{k(T_1 + 273)}}{\frac{0,5 p_0}{k(T_1 + 273)}} = 2$$

Ответ:  $p_1 = 1,5 p_0$  ;  $\frac{N_2}{N_1} = 2$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~4

1)  $I_0 = \frac{E - E \left( \frac{R}{5 \left( \frac{R}{3} + \frac{R}{3} \right)} \right)}{R} = \frac{2}{3} \frac{E}{R}$  ← ток через r

2) ток через катушку тоже может мгновенно переместиться по этому ток не будет меняться

Ответ 1)  $I_0 = \frac{2}{3} \frac{E}{R}$  2) скорость изменения равна нулю  
напряжения на катушке и на  $R_3$  и на  $R_2$  и на  $R_1 + L_1$  равны  
Матричные уравнения

$$R_3 I_3 = R_2 I_2 + L_2 \dot{I}_2 = R_3 I_3 + L_3 \dot{I}_3$$

$$R_3 I_3 = R_2 I_2 + L_2 \dot{I}_2 = R_3 I_3 + L_3 \dot{I}_3$$

Ответ 1)  $I_0 = \frac{2}{3} \frac{E}{R}$  2) скорость изменения тока в катушке мала

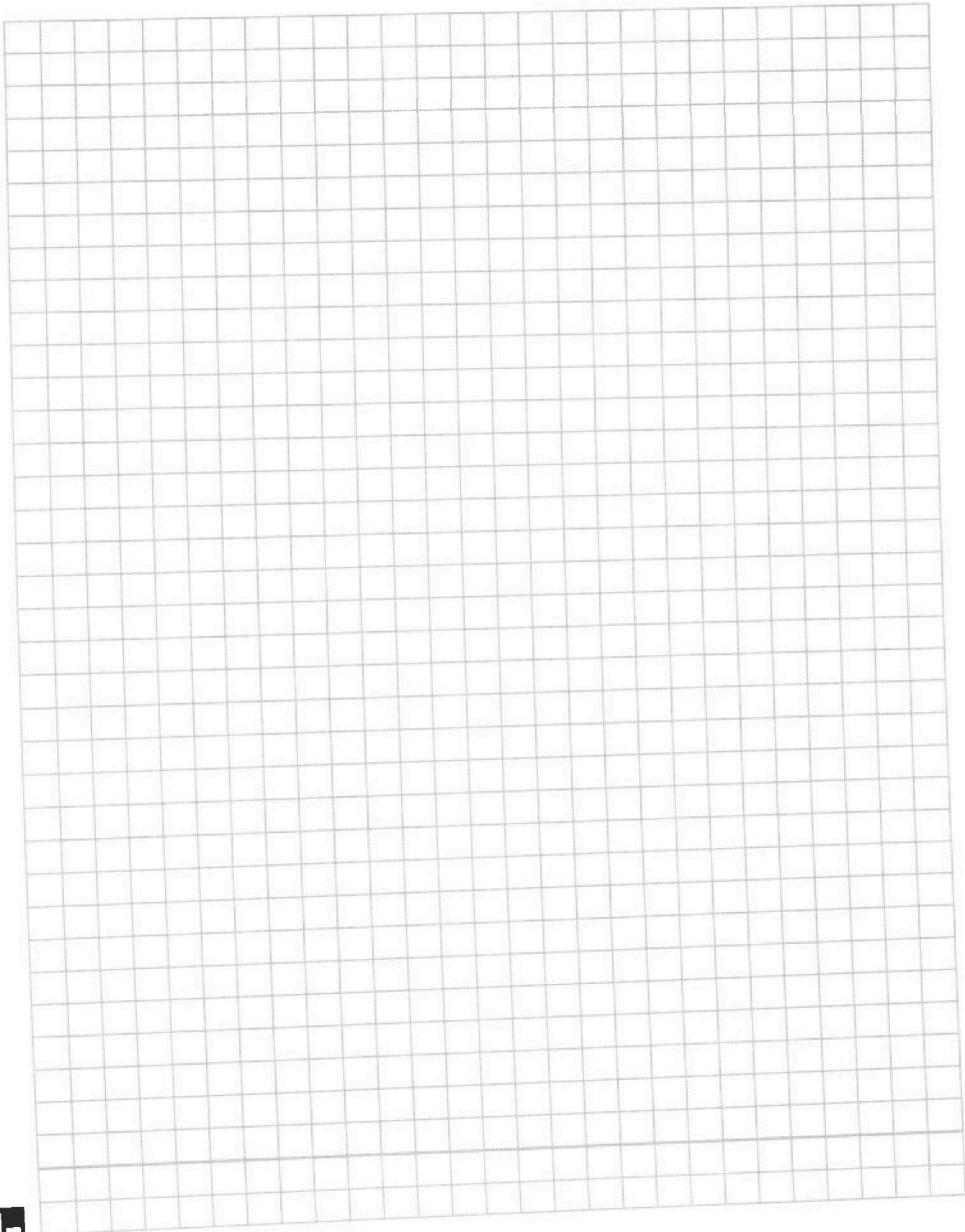


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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"/>

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!







На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$m v_n^2 = m g H$   $v_n = \sqrt{2 g H}$   $\varphi = \frac{2}{3}$   $0 = v_n \sin \varphi - g t$

$m g H = \frac{m v^2}{2} + \frac{4 m v_n}{2}$

$0 = m v \cos \varphi - 4 m v_n$   $\sin \varphi = \frac{32}{\sqrt{73}}$   $\cos \varphi = \frac{3}{\sqrt{73}}$

$S_2 = v_n \cos \varphi \cdot t = \frac{v_n \cos \varphi \cdot v_n \sin \varphi}{g} = \frac{v_n^2 \sin^2 \varphi}{g} = \frac{2 \cdot 12}{13} = \frac{24}{13}$

$S_3 = \frac{2 t^2 v_n \sin \varphi}{g}$   $T_1 = (t_1 + 2 t_2) \cdot \frac{10}{100 \cdot 100} = \frac{150}{900} = 150000$

$P_n + P_{c.b.} = S \cdot F = R_1$   $100 \times 10^4 \cdot S \cdot L \cdot 100 \rho_0 = \gamma R T_1$   $150 = 150000$

$P_n(T_2) + P_{c.b.} = \frac{5 \rho_0 \cdot F}{S}$   $S \cdot L \cdot \frac{\rho_0}{2} = \gamma R T_2$   $P_{c.b.} = \frac{\gamma c R T_2}{S \cdot (L-x)}$

$(L-x) \cdot F = \gamma R T_2 \left( \frac{5 \rho_0}{2} + \frac{\gamma c R T_2}{S \cdot (L-x)} \right) + 3 R \gamma R (T_2 - T_1)$

$x \cdot F = \gamma R T_2 \left( \frac{5 \rho_0}{2} + 3 \right) (T_2 - T_1)$

$P_n(T_2) = 1,5 \frac{F}{S} - \frac{\rho_0}{2} \left( \frac{L T_2}{(L-x) T_1} \right)$

$\sim 3$   $\frac{66}{x} \cdot \frac{66}{1000} = 0,05 \text{ Мк} = 50 \text{ Ом}$   $v = R I = 0,02 \cdot 100 = 26$   $q = 2 + 1 + \frac{1}{2} = 2,5$

$\frac{C U^2}{2} + \int E \rho (g - \frac{U_1}{3}) = \frac{C q^2}{2} + Q$   $\Delta P = U \cdot I = U \cdot q'$

$\sim 4$   $E = \frac{R I}{S} \cdot \frac{L}{S}$   $P = U \cdot \Delta q'$   $W = U \cdot \Delta q$

$\sim 5$   $R I$   $R \frac{\Delta q}{\Delta t} = U$   $R q' = U$   $R Q = \Delta U$   $R q' I =$

$\frac{P}{P_n} = \frac{S \pi R^2}{\pi R^2} = \frac{3}{8}$   $\frac{161}{488} \cdot \frac{161}{424} \cdot \frac{161}{366}$   $R \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{1}{S} \cdot L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$P = n k t (t_1 + 2 t_2) \frac{V_{III}^2 \cos^2 \varphi}{4} = 2 g H - V_{III}^2$

$g H = \frac{(V_{III})^2}{2} + 2 (V_{II})^2$   $V_{II}^2 = \frac{2 g H}{1 + \frac{\cos^2 \varphi}{4}} = \frac{8 g H}{4 + \cos^2 \varphi}$

$\frac{2 g H - V_{III}^2}{4} = V_{II}^2$   $P = I R \cdot I$   $p = I^2 R$

$\frac{32 \cdot 25}{89} = \frac{1}{89} \cdot \frac{32}{25} \cdot 25 = \frac{32}{89}$   $\frac{1}{89} = 0,0112$   $0,18 = 0,02 \cdot 5$   $9004 \cdot 0,176$

$\frac{R}{5} = \frac{5}{3A} \cdot \frac{1}{3}$   $R R \frac{1}{0,5 R} + \frac{1}{2 R} = \frac{R}{5} \cdot \frac{R}{2,5 R}$



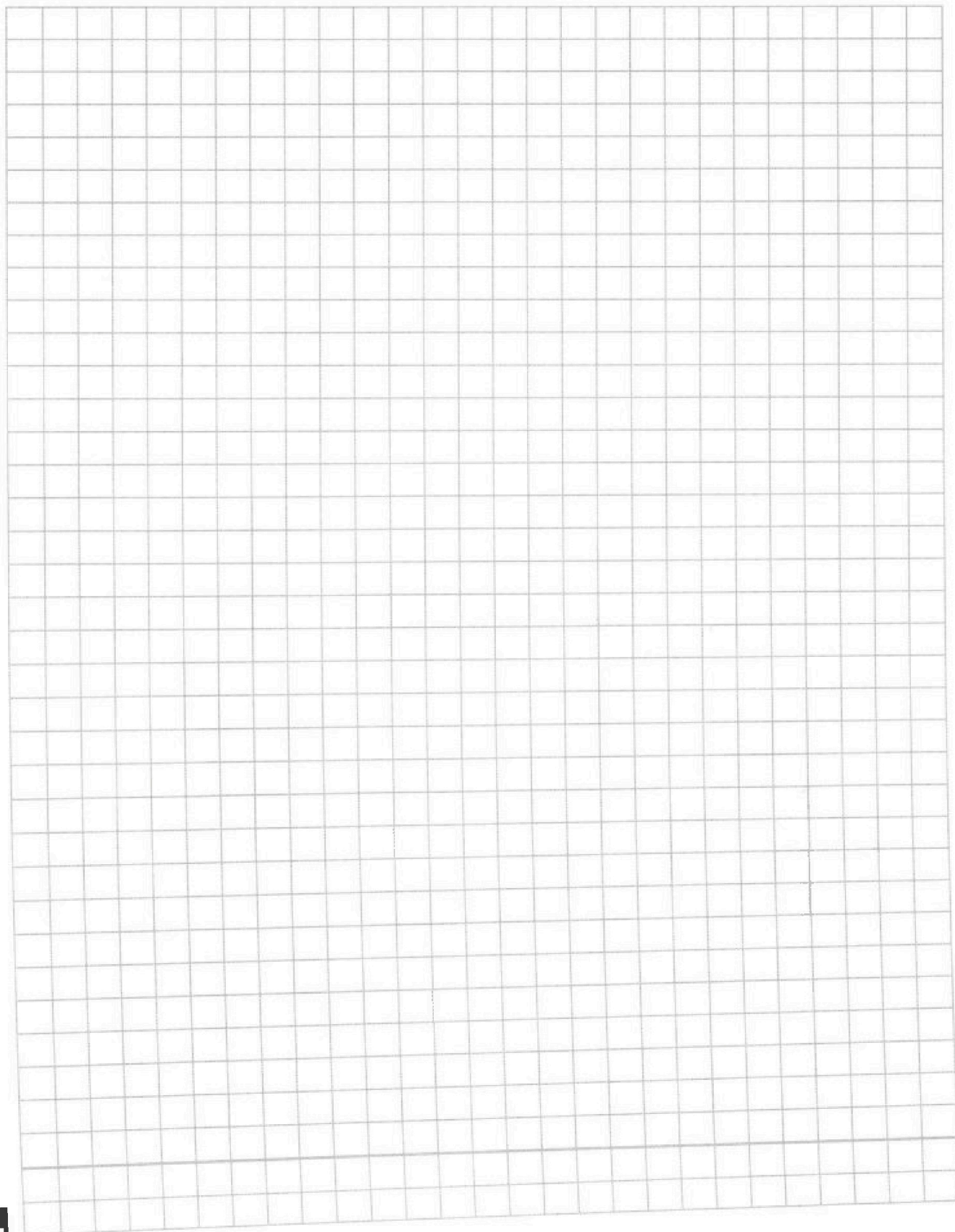
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1    2    3    4    5    6    7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





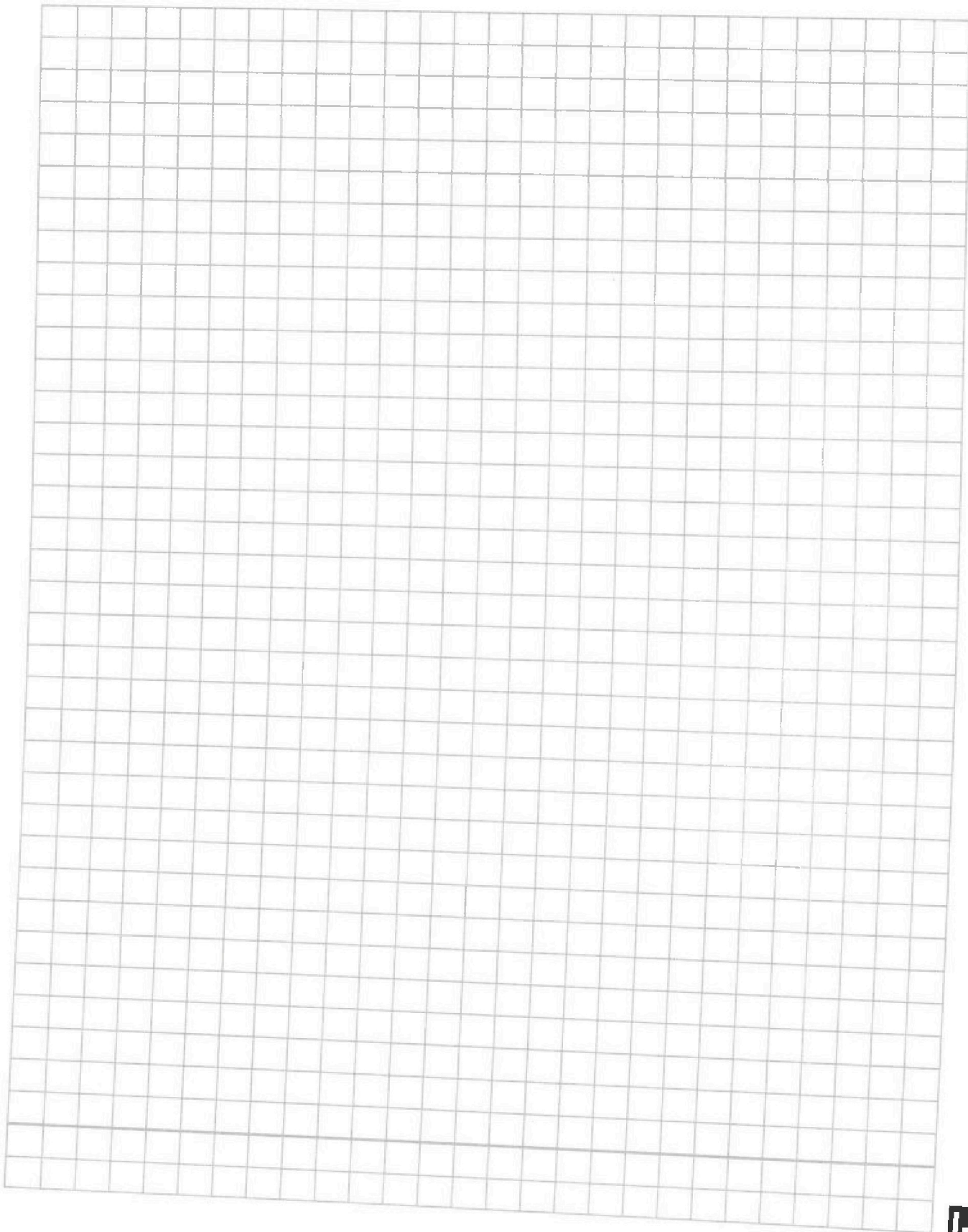


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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"/>

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

