

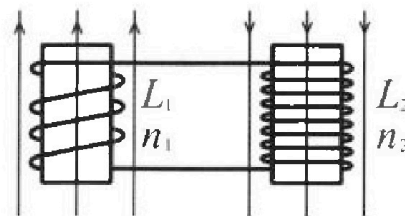
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

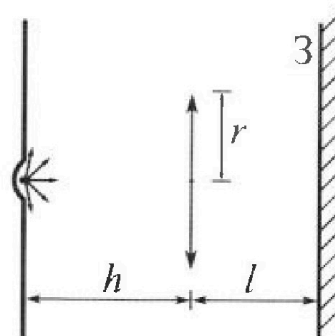


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



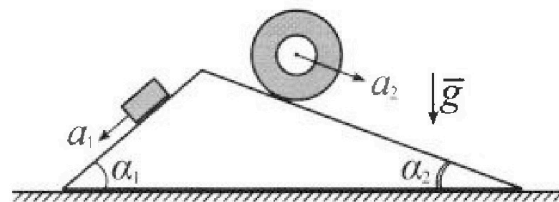
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

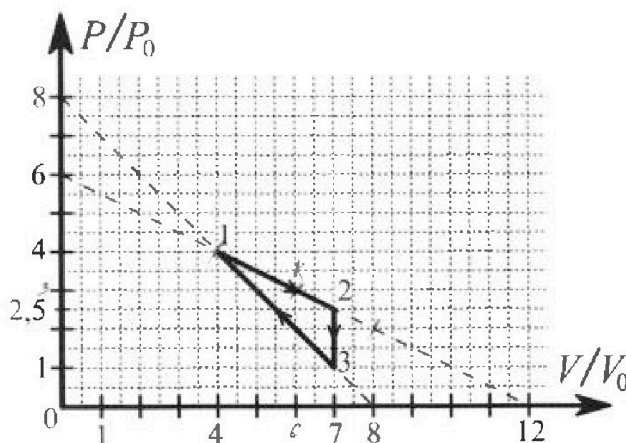


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

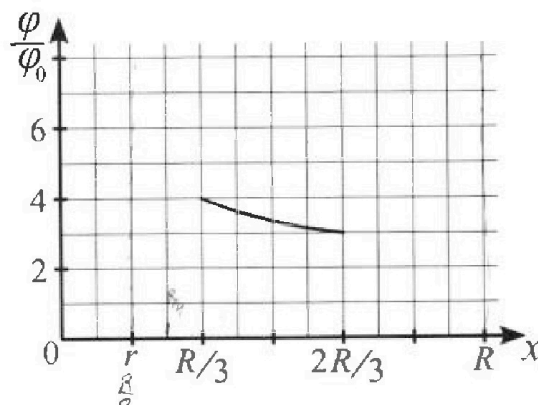
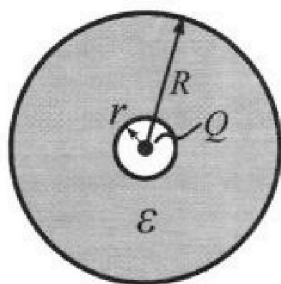
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



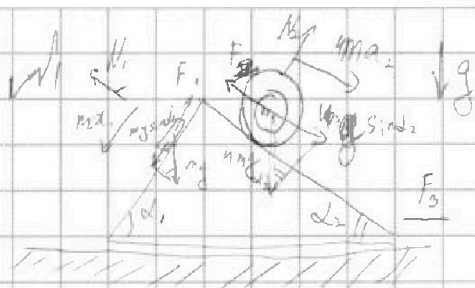


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha_1 + F_1 \Rightarrow F_1 = m_1 \frac{5}{13} g \quad m_2 \frac{5(25+13)}{5 \cdot 65} g = \frac{14}{65} m_2 g$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{14}{65} m_2 g$$

$$2) \sin \alpha_2 = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_2} = \frac{\sqrt{169 - 144}}{13} = \frac{5}{13}$$

Пакет из закона Ньютона:  $m_1 a_1 = m_1 g \sin \alpha_1 - F_2 \Rightarrow F_2 = m_1 (g \sin \alpha_1 - a_1) = 4 m_2 g \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{25} \right) = \frac{55}{78} m_2 g$

~~Векторная диаграмма:~~

3) ~~Векторная диаграмма:~~  $F_3 = N_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2$  (масса по закону Ньютона  $\alpha = 50^\circ$ )

тогда  $N_1 = m_1 g \cos \alpha_1$  и  $N_2 = 4 m_2 g \cos \alpha_2$

$$\Rightarrow F_3 = m_2 g \left( \frac{4 \cdot 3}{25} + \frac{55}{78} \cdot \frac{12}{13} - \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} - 4 \cdot \frac{12 \cdot 5}{13 \cdot 13} \right) = m_2 g \left( \frac{12}{25} + \frac{110}{169} - \frac{56}{1525} - \frac{240}{169} \right) =$$

$$= m_2 g \left( \frac{156 - 56}{1525} - \frac{130}{169} \right) = m_2 g \left( \frac{4}{13} - \frac{10}{13} \right) = -\frac{6}{13} m_2 g \Rightarrow F_3 = \frac{6}{13} m_2 g \text{ и направление вверх}$$

Ответ:  $\frac{14}{65} m_2 g$ ;  $\frac{55}{78} m_2 g$ ;  $\frac{6}{13} m_2 g$ .



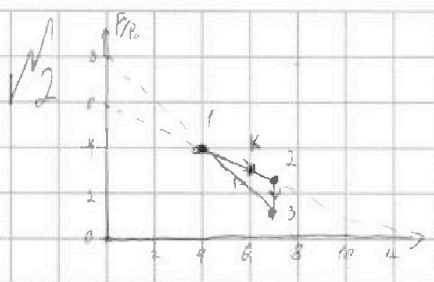
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) A = S_{123} P_0 V_0 = \frac{(2,5-1)(3-1)}{2} P_0 V_0 + \frac{9}{4} P_0 V_0$$

площадь кривоугольника

$$\int_0^1 U_{2-3} = \frac{3}{2} \Delta R T = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (7 - 2,5) = -\frac{9}{4} P_0 V_0$$

изменение внутренней энергии газа

$$(T.K. PV = \nu RT \Rightarrow \nu R \Delta T = P_3 V_3 - P_2 V_2)$$

Т.К. площадь под кривой 2-3

$$\Rightarrow \frac{|U_{2-3}|}{A} = \frac{\frac{9}{4} P_0 V_0}{\frac{9}{4} P_0 V_0} = 1$$

гидравлический насос

$$2) \text{ на графике } \frac{P}{P_0} = k \frac{V}{V_0} \text{ по 3ВВ: } Q = \frac{3}{2} \nu R T + \frac{P_2 - P_1}{2} \Delta V$$

$$\text{В точках этих графиков } P = k \frac{P_0}{V_0} V \text{ и } Q = \frac{3}{2} P_0 V_0 \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_1}{V_0} \right) + P_0 k \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_1}{V_0} \right) \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_1}{V_0} \right)$$

$$(k \frac{V}{V_0} - P_0) \Rightarrow P = 0 \text{ или } V = \frac{P_0}{k} \Rightarrow \text{на графике это точка } 1 \Rightarrow 3 \rightarrow 1$$

$$\text{Аналогично для 1-2 пусть это будет } T.K. \text{ где } 1 \rightarrow K \text{ и } K \rightarrow 2 \text{ } U_{1K} \text{ и } U_{K2} \Rightarrow K(63)$$

$$\Rightarrow T_{\max \text{ на } 1-2} = T_K \Rightarrow \frac{T_K}{T_1} = \frac{P_K V_K}{P_1 V_1} = \frac{3 P_0 \cdot 6 V_0}{4 P_0 \cdot 4 V_0} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{A_{12} + A_{23} + A_{31}} = \frac{\frac{9}{4} P_0 V_0}{(-\frac{9}{4} P_0 V_0) + \frac{9}{4} P_0 V_0 + \frac{3}{2} (18-2) P_0 V_0} = \frac{\frac{9}{4}}{\frac{9}{4} - \frac{9}{4} + \frac{3}{2} \cdot 16} = \frac{9}{4(8+9)} = \frac{9}{64}$$

теплота

$$\text{Ответ: } 1; \frac{9}{8}; \frac{9}{64}$$

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!



✓3



П.к. вне шара  $E = \frac{kQ}{x^2}$  по формуле  $\varphi(R) = \frac{kQ}{R}$

1) П.к. внутри шара  $E = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$  по формуле  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi(x) - \varphi(R) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ(R-x)}{\epsilon x R} \Rightarrow \varphi(x) = \frac{kQ}{R} \left( \frac{R-x}{\epsilon x} + 1 \right) = \frac{kQ}{\epsilon x R} (R + x(\epsilon - 1)) \Rightarrow$$

П.к.  $\varphi(x)$  это непрерывная функция (при  $x \rightarrow 0$ )  $\Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{4kQ}{\epsilon R^2} \left( R + \frac{R}{4}(\epsilon - 1) \right) = \frac{kQ}{\epsilon R} (3 + \epsilon)$

П.к. по условию  $r = \frac{R}{6} < \frac{R}{4}$

$$2) \varphi\left(\frac{R}{3}\right) - \varphi\left(\frac{R}{6}\right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{3}{R} - \frac{6}{R} \right) = \frac{3kQ}{2\epsilon R} = 4\varphi_0 - 3\varphi_0 = \varphi_0$$

$$\Rightarrow \frac{kQ(2 + \epsilon)}{\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} \Rightarrow \underline{\underline{\epsilon = 4}}$$

$$\text{и } \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 4\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon R} (3 + \epsilon) = \frac{kQ}{\epsilon R} (7)$$

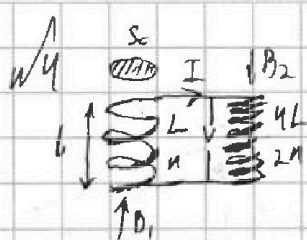
Ответ:  $\frac{kQ}{\epsilon R} (3 + \epsilon); 4$ .



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!



И.К.  $L_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 l}{S_1}$  и  $\frac{L_2}{L_1} = 4 = \frac{N_2^2}{N_1^2} \Rightarrow$  (у катушек одинаковая  $S$  и  $l$ )  
 $\mu_0 \text{ const}$  (как  $S_0$  и  $l$ )

1)  $B_2 = \text{const}$   
 $B_1 = 2 > 0$  т.к.  $\Phi_1 = B_1 N_1 S_0 = \frac{L_1}{N_1} I \Rightarrow \dot{I} = \frac{dN_1 S_0}{L_1 N_1} = \frac{dN_1 S_0}{5L}$

2) И.К. после размыкания времени  $V=0$  и  $\dot{V}=0$  и преобразованная взаимная индукция

$$I = I_1 - I_2 = \frac{\frac{B_0}{2} N_1 S_0}{L} - \frac{\frac{B_0}{3} N_2 S_0}{4L} = \frac{B_0 N_1 S_0}{5L} \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{13 B_0 N_1 S_0}{30L}$$

т.к.  $\Delta I_1 = \frac{\Delta B_1 N_1 S_0}{L_1}$

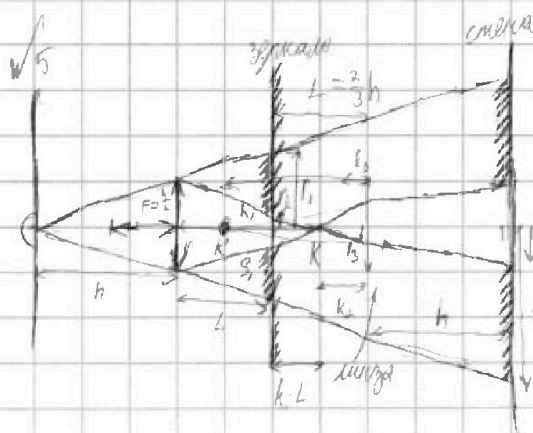
Ответ:  $\frac{13 B_0 N_1 S_0}{30L}$



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!



Построим систему линз и экран и зонируем  
 а линз строить, только "чистоту"

1) Если прохождение через линзу у источника  
 будет объект изображения в K.

По формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{h} + \frac{1}{k} = \frac{1}{F} = \frac{2}{h}$   
 $\Rightarrow k_1 = h \Rightarrow k_1 - L = \frac{h}{3}$

$\Rightarrow$  по формуле:  $\left( \frac{r}{h} - \frac{r}{k_1} \right) \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3}r = 5 \text{ см}$

$\Rightarrow S_1 = \pi (25 \text{ см}^2 - 10 \text{ см}^2) = 24\pi \text{ см}^2$

и т.к.  $S_1 = \pi (r_1^2 - r_2^2)$   $\left( \frac{r}{k} - \frac{r}{k-L} \right) \Rightarrow r_2 = \frac{r}{3} = 10 \text{ см}$

2) По формуле тонкой линзы и т.к.  $k_2 = 2L - k = \frac{h}{3}$  у K будет  $\frac{1}{h} - \frac{1}{k_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{3}{h} - \frac{3}{h} = \frac{1}{k_3}$

$\Rightarrow k_3 = h$  будет линза изображения K'

$\Rightarrow$  по формуле:  $\left( \frac{r}{k_1} - \frac{r}{k_2} \right) \Rightarrow r_3 = \frac{r}{3}$

и т.к.  $S_2 = \pi (r_3^2 - r_4^2)$   $\left( \frac{r_3}{k_3} - \frac{r_4}{k_3} \right) \Rightarrow r_4 = 2r_3 = \frac{2}{3}r = 2 \text{ см}$   $\Rightarrow S_2 = \pi (10 \text{ см}^2 - 2 \text{ см}^2) = 94\pi \text{ см}^2$

$\frac{r_5}{k_5} = \frac{r}{h} \Rightarrow r_5 = r \left( 2 + \frac{2}{3} \right) = \frac{10}{3}r = 10 \text{ см}$

Общая площадь проецируется собой картина (сложная)  
 Ответ:  $24\pi \text{ см}^2$ ;  $94\pi \text{ см}^2$

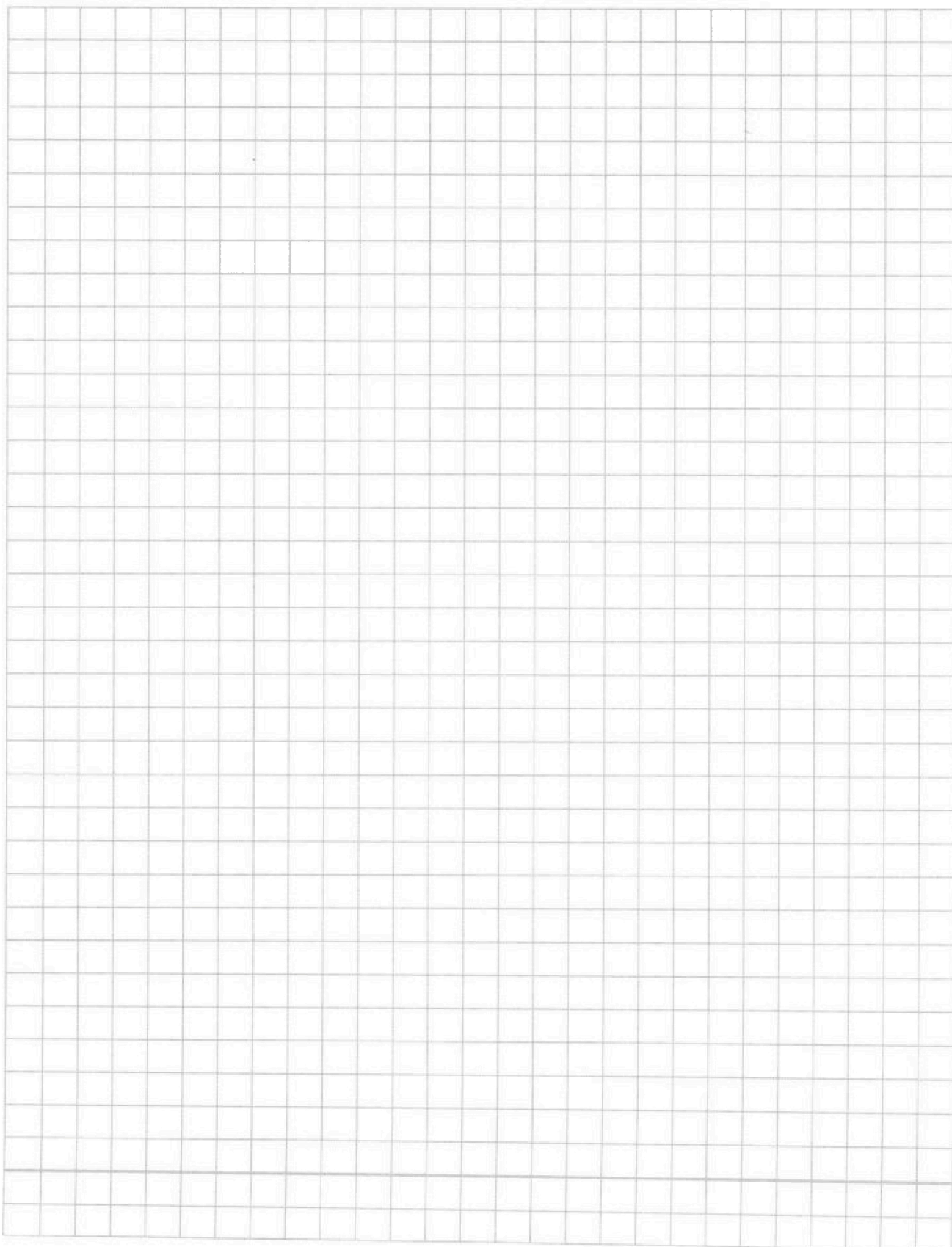


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!





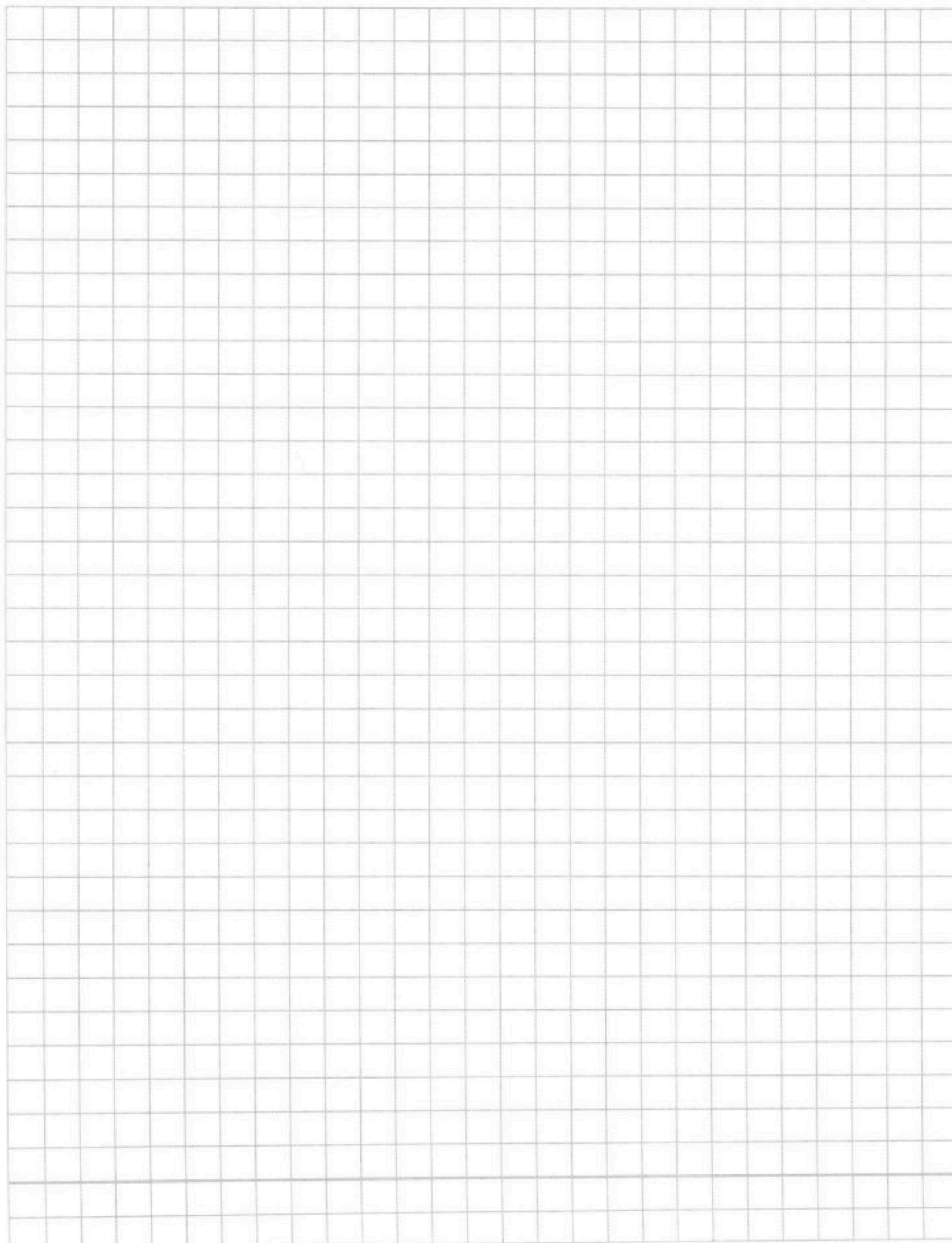


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



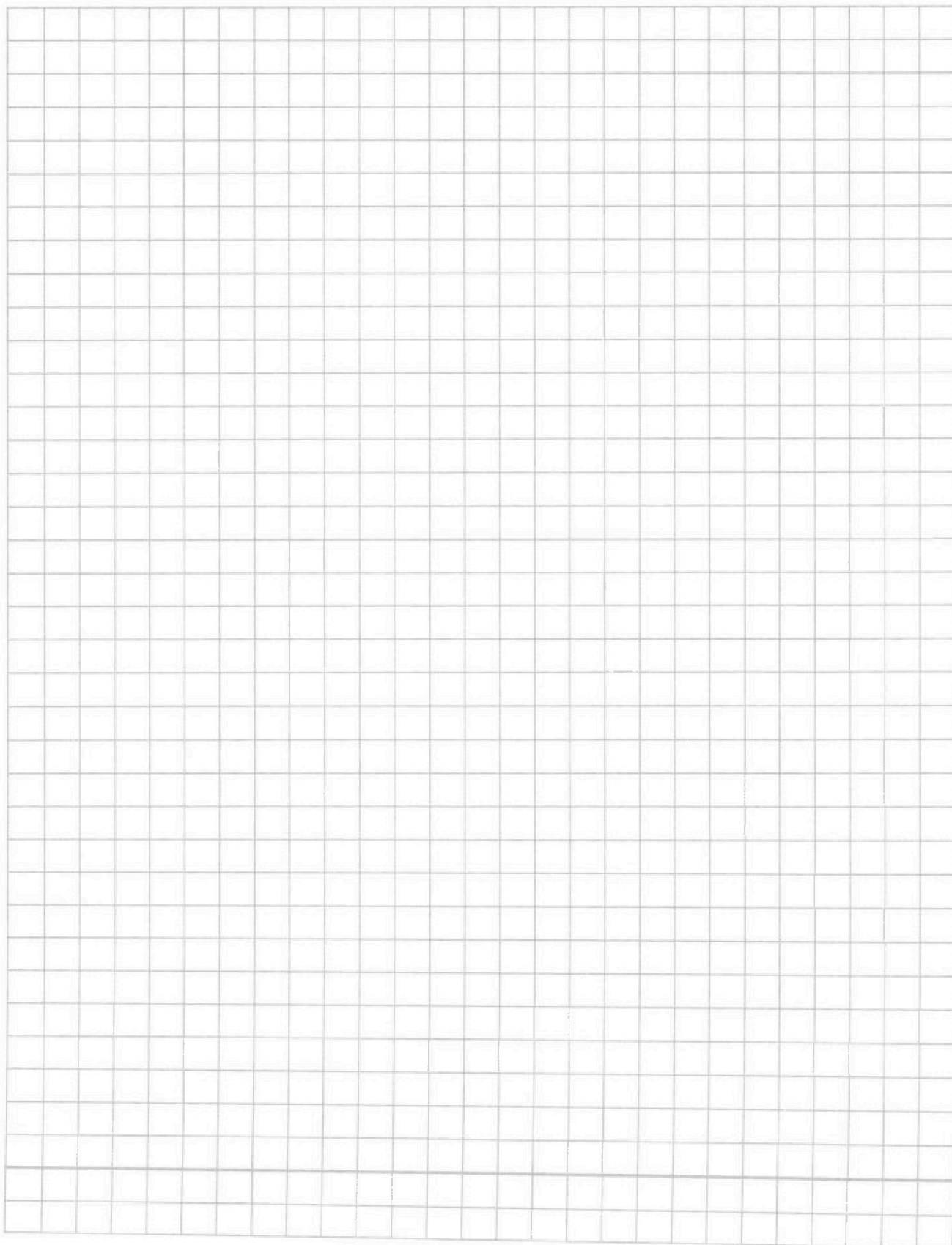


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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                        |
| <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!

