

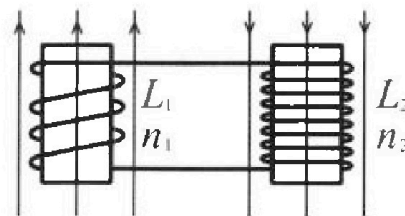
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

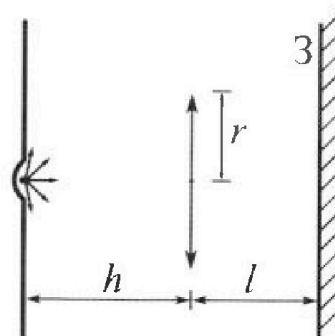


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале 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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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



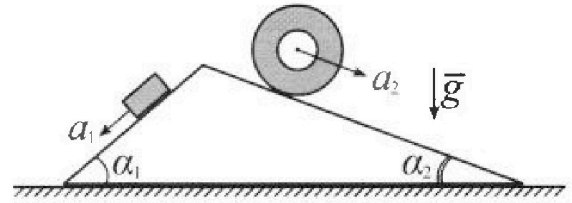
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

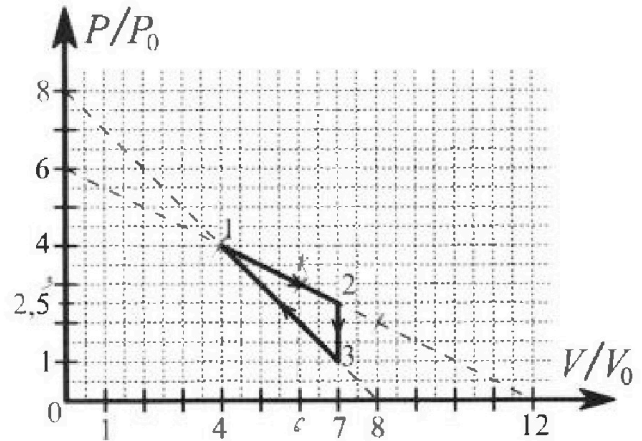


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

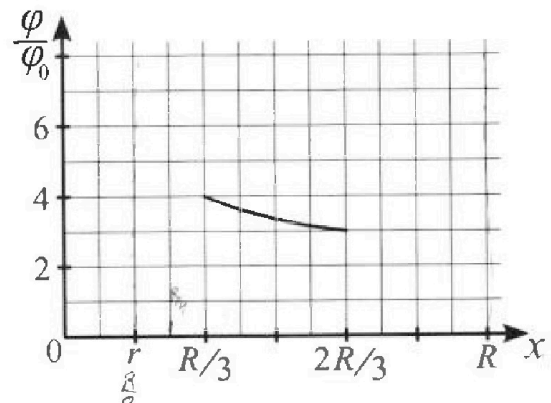
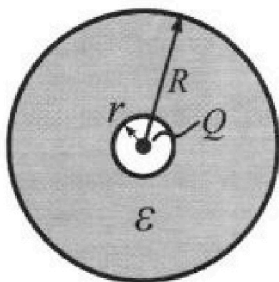
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



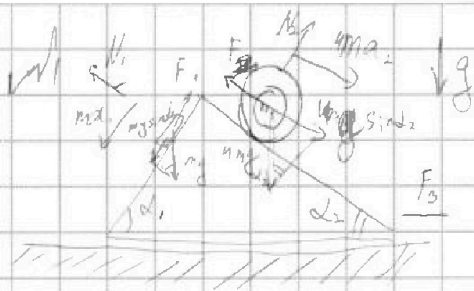


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) \quad ma_2 = mg \sin \alpha_2 + F_1 \Rightarrow F_1 = m \frac{5}{13} g + mg \frac{3(25+13)}{5 \cdot 65} = \frac{14}{65} mg$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{14}{65} mg$$

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

Также из закона Ньютона:  $ma_2 = mg \sin \alpha_2 - F_2 \Rightarrow F_2 = m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 4mg \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) = \frac{55}{78} mg$

~~Сила тяжести~~

$$3) \quad F_3 = N_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 \quad (\text{масса по формуле } \alpha = 50^\circ)$$

где  $N_1 = mg \cos \alpha_1$  и  $N_2 = 4mg \cos \alpha_2$

$$\Rightarrow F_3 = mg \left( \frac{4 \cdot 3}{25} + \frac{55}{78} - \frac{14}{65} - \frac{4}{5} - 4 \cdot \frac{12 \cdot 5}{13 \cdot 13} \right) = mg \left( \frac{12}{25} + \frac{119}{169} - \frac{56}{13 \cdot 25} - \frac{240}{169} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{156 - 56}{13 \cdot 25} - \frac{120}{169} \right) = mg \left( \frac{4}{13} - \frac{10}{13} \right) = -\frac{6}{13} mg \Rightarrow F_3 = \frac{6}{13} mg \text{ и направлена вверх}$$

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

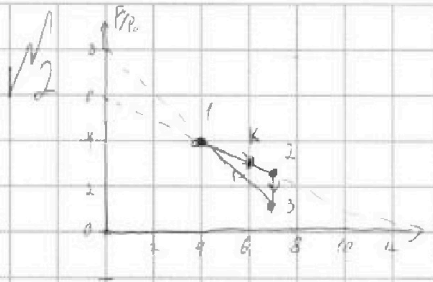


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) A = \int_{1,2,3} P_0 V_0 = \frac{(2,5-1)(x-4)}{2} P_0 V_0 + \frac{3}{4} P_0 V_0$$

*работы газа за цикл*

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R T_{2,3} = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (7-2,5) = -\frac{9}{4} P_0 V_0$$

*изменение внутренней энергии газа*

Т.к.  $PV = \nu RT \Rightarrow \nu R T_{2,3} = P_3 V_3 - P_2 V_2$   
Т.к.  $P_3 V_3 = P_2 V_2$   
1  
142-3

$$\Rightarrow \frac{Q_{2-3}}{A} = \frac{\frac{3}{4} P_0 V_0}{\frac{3}{4} P_0 V_0} = 1$$

*приращение энтропии*

2) на графике  $P = \frac{kV}{V_0} + \frac{63}{V_0}$  *по БПФ*:  $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_2 - P_1}{2} \Delta V$

в точках это график  $P = \frac{kV}{V_0}$  и  $Q = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{k}{V_0} V_2 - \frac{k}{V_0} V_1 \right) + P_0 k \left( \frac{1}{k} - \frac{V_1 + V_2}{2V_0} \right) (V_2 - V_1)$

$(k \frac{V_2}{V_0} - k \frac{V_1}{V_0}) \Rightarrow P = 0$  или  $V = \frac{63}{2k} \Rightarrow$  на графике это точка  $A \Rightarrow 3 \Rightarrow 1$

Аналогично для 1-2  $\Rightarrow$  *приращение энтропии* т.к.  $1 \rightarrow 2$   $U_{12}$  и  $2 \rightarrow 3$   $U_{23} \Rightarrow K(63)$

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

$$3) \eta = \frac{A}{Q_{\text{пр}}} = \frac{A}{A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}} = \frac{\frac{3}{4} P_0 V_0}{\left( \frac{18-16}{2} + \frac{18-16}{2} + \frac{3}{2} (3-2) \right) P_0 V_0} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{18-16}{2} + \frac{3}{2}} = \frac{3}{4(2+3)} = \frac{3}{64}$$

*приращение энтропии*

Ответ:  $7; \frac{9}{8}; \frac{3}{64}$

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.

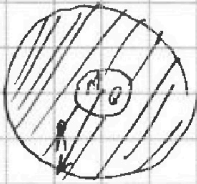


1  2  3  4  5  6  7

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  $\forall x > R$  поле  $E = \frac{kQ}{x^2}$  по потенциалу  $\varphi(R) = \frac{kQ}{R}$

1) П.к. внутри шара  $\forall x < R$  поле  $E = \frac{kQx}{R^3}$  по потенциалу  $\Rightarrow$

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

2) П.к.  $\frac{\varphi}{R}(x)$  это гармоничная функция (при  $x > 0$ )  $\Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{4kQ}{\epsilon R^2} \left( R + \frac{R}{4}(\epsilon-1) \right) = \frac{kQ}{\epsilon R} (3+\epsilon)$   
 т.к. по условию  $r = \frac{R}{6} < \frac{R}{4}$

$$2) \varphi\left(\frac{R}{3}\right) - \varphi\left(\frac{R}{6}\right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{3}{R} - \frac{3}{2R} \right) = \frac{3kQ}{2\epsilon R} = 4V_0 - 3V_0 = V_0 \Rightarrow \frac{kQ(2+\epsilon)}{\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} \Rightarrow \underline{\underline{\epsilon = 4}}$$

$$\text{и } \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 4V_0 = \frac{kQ}{\epsilon R} (3R + R(\epsilon-1)) = \frac{kQ}{\epsilon R} (4+\epsilon)$$

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

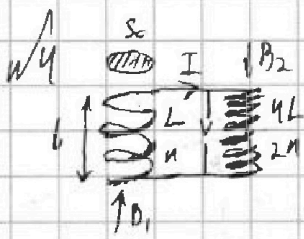
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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.  $L_1 = \frac{n^2 L}{S_0}$  и  $\frac{L_2}{L_1} = 4 = \frac{n_2^2}{n_1^2} \Rightarrow L_2$  как у катушек одинаковой  $S_0 = \text{const}$  (как  $S_0$  и  $l$ )

1)  $B_2 = \text{const}$   
 $B_1 = \alpha > 0$  т.к.  $\Phi_1 = B_1 n_1 S_0 = \frac{L_1}{n_1} I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{d n_1 S_0}{L_1 n_1} = \frac{d n S_0}{5L}$

2) И.К. после прекращения времени  $V=0$  и  $\dot{V}=0$  и преобразование взаимной индукции

$$I = \alpha I_1 - I_2 = \frac{\frac{B_0}{2} n S_0}{L} - \frac{\frac{1}{3} B_0 2n S_0}{4L} = \frac{B_0 n S_0}{4L} = \frac{B_0 n S_0}{5L} \left( \frac{2}{2} + \frac{15}{15} \right) = \frac{13 B_0 n S_0}{30L}$$

т.к.  $\alpha I_1 = \frac{B_1 n_1 S_0}{L_1}$

Ответ:  $\frac{2 n S_0}{5L_1}$ ,  $\frac{13 B_0 n S_0}{30L_1}$

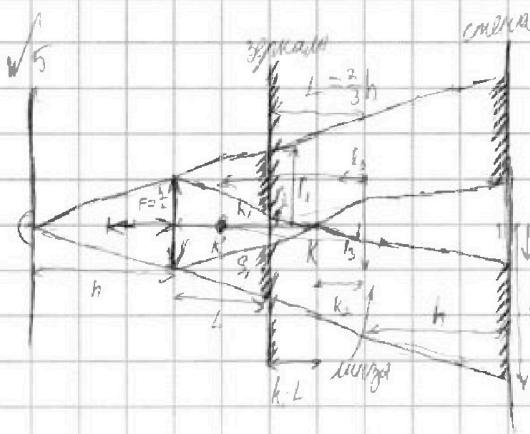
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



Построим систему лучей и экран и экраном  
а лучи строят только часть

1) Лучи проходят через линзу и попадают  
будет объект изображения в К.

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 подобию  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{r_1}{h} = \frac{r_2}{k_1 - L} \Rightarrow r_1 = \frac{2}{3}r = 2 \text{ см} \\ \frac{r_1}{k_1} = \frac{r_2}{k_1 - L} \Rightarrow r_2 = \frac{1}{3}r = 1 \text{ см} \end{array} \right. \Rightarrow S_1 = \pi(2^2 - 1^2) = 24\pi \text{ см}^2$

2) По формуле тонкой линзы и т.к.  $k_2 = 2L - k = \frac{h}{3}$  у К 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 К'

$\Rightarrow$  по подобию  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{r_3}{k_1} = \frac{r_4}{k_2} \Rightarrow r_3 = \frac{r}{3} \\ \frac{r_3}{k_3} = \frac{r_4}{k_3 - h} \Rightarrow r_4 = 2r_3 = \frac{2}{3}r = 2 \text{ см} \end{array} \right. \Rightarrow S_2 = \pi(2^2 - \frac{2}{3}^2) = 94\pi \text{ см}^2$

Объект можно представить собой кольцо (сечение)

Итак: ~~24~~  $24\pi \text{ см}^2$ ;  $94\pi \text{ см}^2$

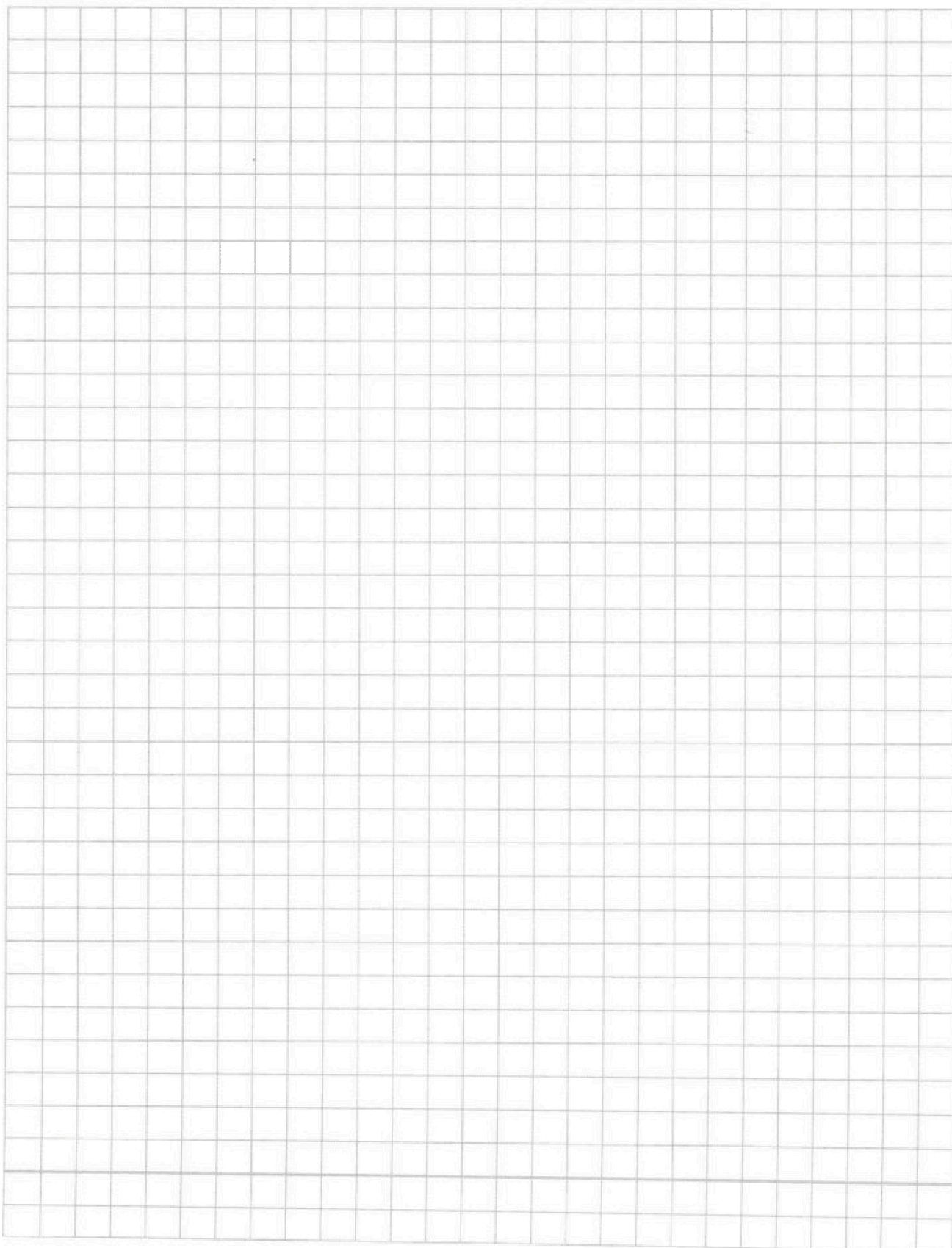


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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

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!

Handwritten mathematical solutions and diagrams on a grid background.

**Top Left:**  $x = x_0 + vt + \frac{at^2}{2}$ ,  $V = v_0 + at$ ,  $P = -kV + b$

**Top Middle:**  $Q = \frac{3}{2} IR_{\Delta} T + \frac{(b - kV_0 - kV_1)}{2} (V_2 - V_0)$

**Top Right:**  $L = \frac{12}{5}$ ,  $0 = -k \cdot 12 + b$

**Middle Left:**  $Q = \frac{3}{2} IR_{\Delta} T + P_0 V \frac{dV}{dt} = \frac{3}{2} IR_{\Delta} T + P_0 \frac{dV^2}{2dt}$

**Middle Right:**  $\Phi = BS$

**Bottom Left:**  $Q = \frac{3}{2} (6 - 2kV) + \frac{25.6}{2} = 8kV$

**Bottom Middle:**  $\frac{1}{h} + \frac{1}{k_3} = \frac{2}{h}$

**Bottom Right:**  $\frac{1}{k} = \frac{1}{h}$ ,  $\frac{1}{h} + \frac{1}{k} = \frac{1}{2k-h}$

**Diagrams:** Several diagrams showing forces on a cylinder, a sphere, and a rod. One diagram shows a cylinder on a horizontal surface with forces  $F$ ,  $mg$ , and  $N$ . Another shows a sphere with forces  $F$ ,  $mg$ , and  $N$ . A third shows a rod with forces  $F$ ,  $mg$ , and  $N$ .



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

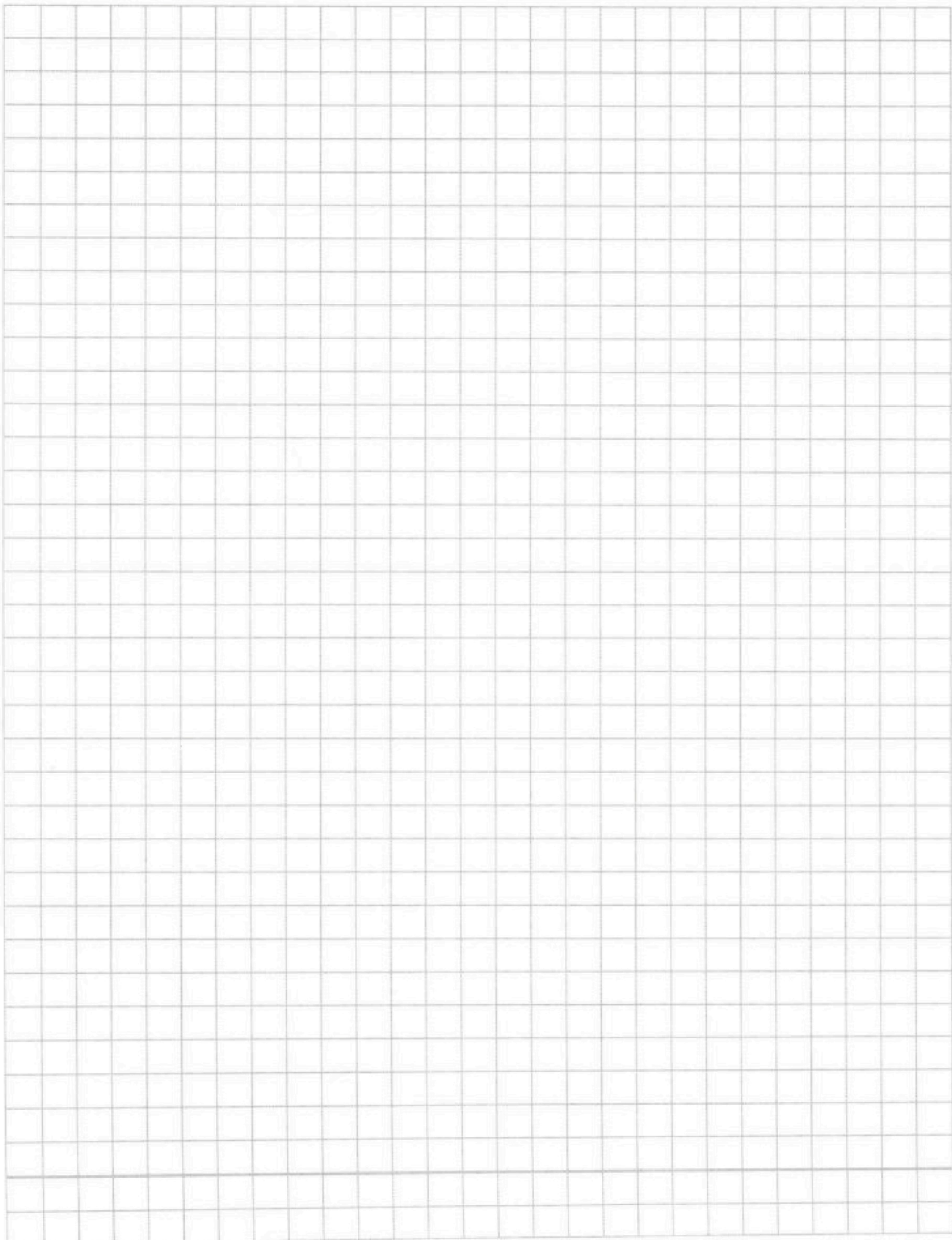
5

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!



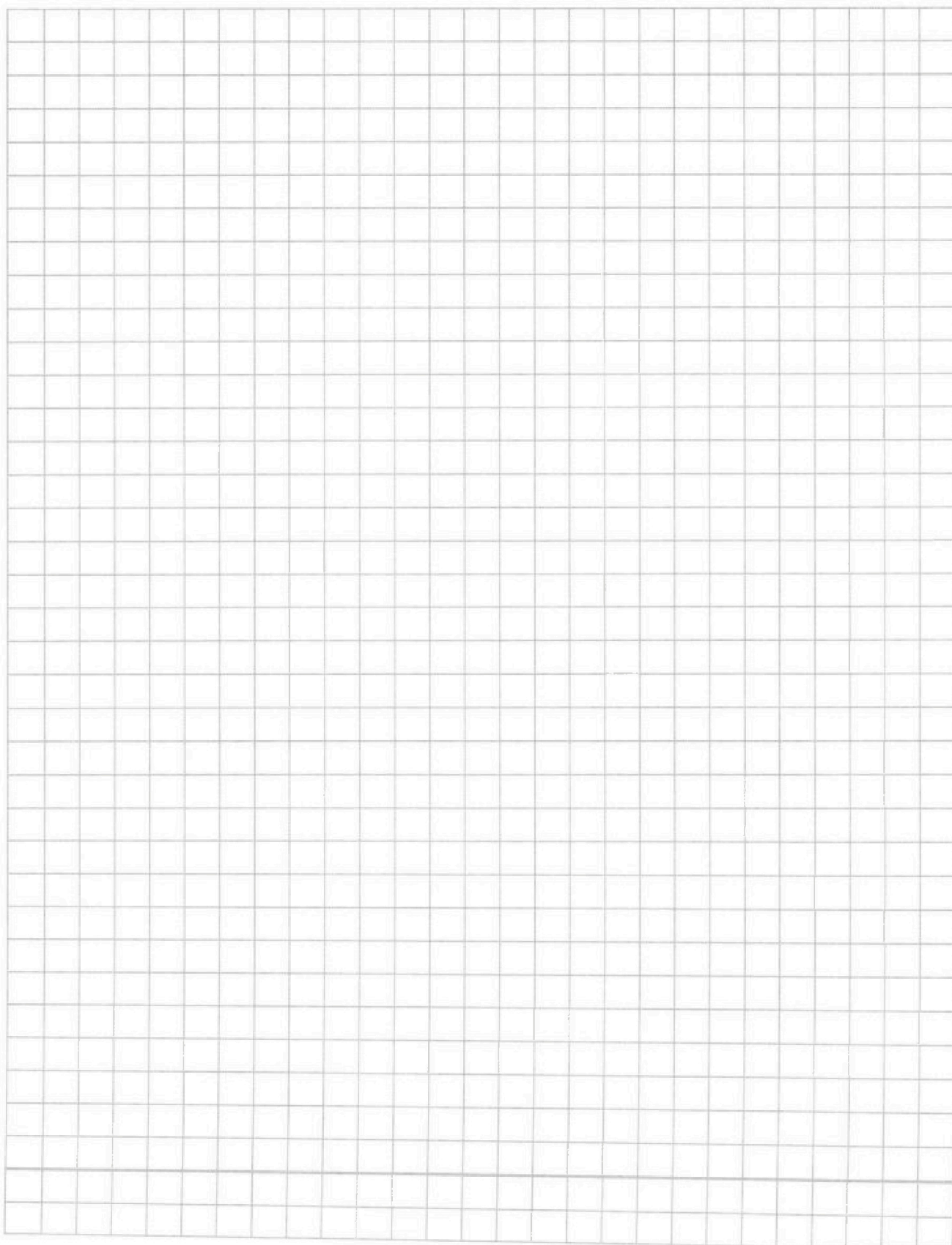


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!





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!

