



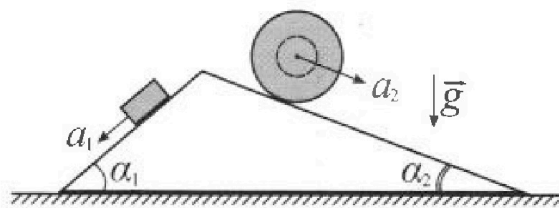
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (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  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

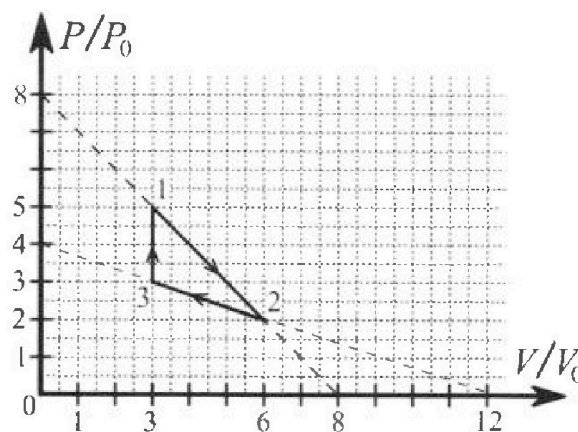


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

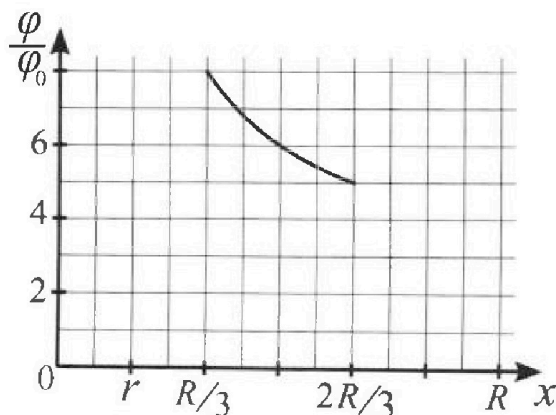
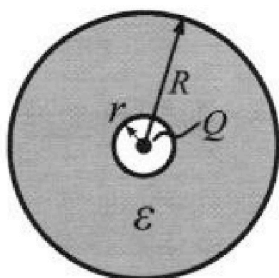
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



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.

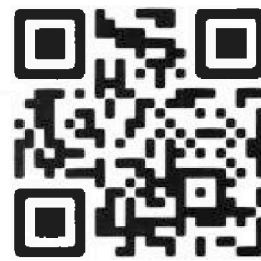
- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



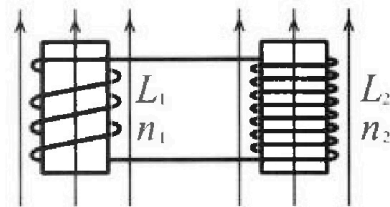
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

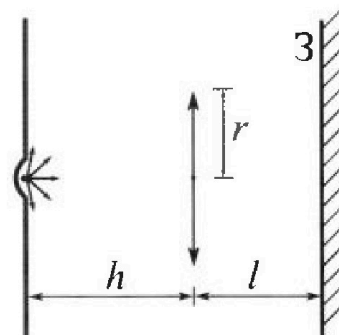


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 уменьшаться 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  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , 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  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

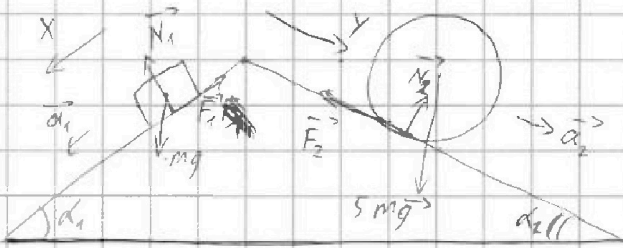
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



для блока:  $\vec{a}_1 \cdot m = m\vec{g} + \vec{F}_1$

$$X: ma_1 = mg \sin \alpha_1 + F_1$$

$$F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1)$$

для блока:  $\vec{a}_2 \cdot 5m = 5m\vec{g} + \vec{F}_2$

$$Y: 5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 + F_2$$

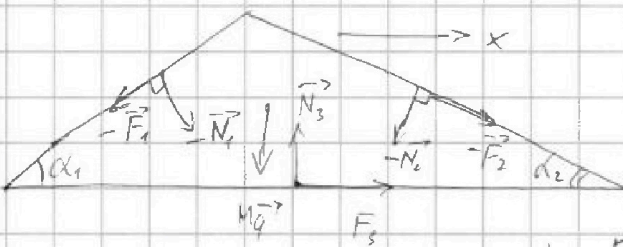
$$F_2 = 5mg \sin \alpha_2 - 5ma_2 =$$

$$= 5m(g \cdot \frac{8}{17} - g \cdot \frac{8}{25}) = 5mg \left( \frac{8 \cdot 25 - 8 \cdot 17}{17 \cdot 25} \right) = 40mg \frac{(25-17)}{17 \cdot 25} = \frac{64mg}{85}$$

$$F_1 = m \cdot \left( g \cdot \frac{3}{5} - g \cdot \frac{7}{17} \right) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right)$$

$$= mg \cdot \frac{3 \cdot 17 - 5 \cdot 7}{5 \cdot 17} = \frac{51 - 35}{5 \cdot 17} \cdot mg =$$

$$= \frac{16}{85} mg$$



для кривых:  $\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 + \vec{F}_2 - \vec{N}_2 - \vec{F}_2 = 0$

$$X: F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 + F_2 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 = 0$$

$$F_3 = F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2$$

$$F_3 = \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{75}{17} mg \cdot \frac{8}{17} - \frac{64}{85} mg$$

$$= \frac{16}{85} mg \left( \frac{64}{17 \cdot 5^2} - \frac{12}{5^2} + \frac{75 \cdot 8}{17^2} - \frac{64 \cdot 5}{17 \cdot 5} \right) =$$

$$= \frac{mg}{17} \left( \frac{64 - 12 \cdot 17}{17 \cdot 5^2} + \frac{75 \cdot 8 - 64 \cdot 5}{17^2} \right) = \frac{mg}{17} \left( \frac{-742}{5^2} + \frac{8 \cdot 3 \cdot 17}{17^2} \right)$$

$$75 \cdot 8 - 64 \cdot 5 = 8 \cdot 3 \cdot (25 - 8) = 8 \cdot 3 \cdot 17$$

$$F_3 = \frac{mg}{17} \left( 24 - \frac{28}{5} \right) = \frac{mg}{17} \left( \frac{120 - 28}{5} \right) = \frac{mg \cdot 92}{17 \cdot 5} = \frac{92}{85} mg$$

Ответ:  $F_1 = \frac{16}{85} mg$   $F_2 = \frac{64}{85} mg$   $F_3 = \frac{92}{85} mg$





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 2

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!

Работа газа за цикл = площадь прямоугольника =  $\frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 3V_0 = 3P_0V_0$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} 3V_0 (5P_0 - 3P_0) = \frac{3}{2} \cdot 6P_0V_0 = 9P_0V_0$$

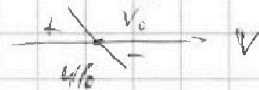
$$1) \frac{9P_0V_0}{3P_0V_0} = 3$$

Когда  $T_{max} \Rightarrow \Delta U_{max} \Rightarrow (U)' = 0$   ~~$Q = \Delta U + A$~~

$$(U)' = \frac{3}{2} (PV)' = 0 \Rightarrow (PV)' = 0 \quad \text{В процессе 1-2 } P = \frac{8P_0 - VP_0}{V_0}$$

$$(PV)' = \left( \frac{8P_0 - VP_0}{V_0} V \right)' = \left( 8P_0V - VP_0 \right)' = 8P_0 - 2VP_0 = 0 \Rightarrow V = 4V_0$$

при  $V = 4V_0$   $T = \max \Rightarrow T_m = \frac{16V_0P_0}{JR}$   
 $(P = 4P_0)$



$$\text{В } T_1 \quad T_1 = \frac{15P_0V_0}{JR} \quad \text{В } T_2 \quad T_2 = \frac{12V_0P_0}{JR}$$

$$2) \frac{T_1}{T_2} = \frac{16V_0P_0 \cdot JR}{JR \cdot 12P_0V_0} = \frac{4}{3}$$

$\eta = \frac{A}{Q_H}$  Какое количество тепла  $Q' > 0$

$$Q' = (\Delta U)' + A' \quad \text{В процессе 1-2 } (\Delta U)' = \frac{3}{2} \left( 8P_0 - \frac{2V}{V_0} P_0 \right)$$

$$A' = PV' = \frac{8P_0 - VP_0}{V_0} \quad Q' = 12P_0 - \frac{3VP_0}{V_0} + \frac{8P_0 - VP_0}{V_0}$$

$$Q' = 20P_0 - \frac{4VP_0}{V_0} > 0$$

$$5 - \frac{V}{V_0} > 0 \Rightarrow \frac{V}{V_0} < 5 \quad \text{В процессе 2-3 } \text{какое количество } 3V_0$$

до  $5V_0$

В процессе 2-3  $P = 4P_0 - \frac{V}{V_0} P_0$

$$Q' = \frac{3}{2} \left( 4P_0 - \frac{VP_0}{3V_0} \right) + \frac{4P_0 - VP_0}{5V_0} = 10P_0 - \frac{5VP_0}{6V_0} > 0 \quad 2P_0 - \frac{V}{6V_0} > 0$$





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  
2 ИЗ 2

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!

$$\frac{V}{6V_0} < 2 \quad \frac{V}{V_0} < 12 \quad V < 12V_0 \Rightarrow \text{В процессе 52 всегда коррект,}$$

и в процессе 2-3 всегда корректные.

В процессе 3-1 всегда коррект.  $\eta = \frac{A}{Q_{\text{н}}}$

$$Q_{\text{н}} = Q_{31} + Q_{12}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} 3V_0 \cdot 2P_0 = 9P_0V_0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (15P_0V_0 - 15P_0V_0) + 2V_0 \left( \frac{5P_0 + 3P_0}{2} \right) =$$

$$= 8P_0V_0 \quad \eta = \frac{3P_0V_0}{9P_0V_0 + 8P_0V_0} = \frac{3}{17} \quad 3) \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) 3 2)  $\frac{4}{3}$  3)  $\frac{3}{17}$



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!

$$d\varphi = \int \frac{dx}{R} = \int \frac{dx}{R}$$

$dx$  - перемещение вправо  
 $E$  - поле от заряда

$$d\varphi = \frac{E dx}{\epsilon} = \frac{dq}{\epsilon R}$$

$\epsilon$  диэлектрик

Потенциал в диэлектрике =  $\frac{3Kq}{R} + \frac{4Kq}{4R} - \frac{Kq}{2R}$

$$= \frac{3Kq}{R} + Kq \left( \frac{4}{3R\epsilon} - \frac{1}{R\epsilon} \right) = Kq \left( \frac{1}{R} + \frac{4}{3R\epsilon} - \frac{1}{R\epsilon} \right)$$

$$\varphi_{\text{середине}} = Kq \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R\epsilon} + \frac{1}{R\epsilon} \right) \quad \uparrow$$

$$\varphi_0 = Kq \left( \frac{1}{R} + \frac{2}{R\epsilon} + \frac{1}{R\epsilon} \right)$$

$$6\varphi_0 = Kq \left( \frac{1}{R} + \frac{2}{R\epsilon} - \frac{1}{R\epsilon} \right)$$

$$5\varphi_0 = Kq \left( \frac{1}{R} + \frac{2}{3R\epsilon} - \frac{1}{R\epsilon} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} 2\varphi_0 = \frac{Kq}{R\epsilon} \\ \varphi_0 = \frac{Kq}{2R\epsilon} \end{array} \right\}$$

$$\varphi_0 = Kq \left( \frac{4}{3R\epsilon} \right) = \frac{4Kq}{3R\epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{2Kq}{2R\varphi_0}$$



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!

Из-за самоиндукции магнитное поле <sup>индукционных</sup> катушек ~~может~~ <sup>может</sup> быть противодействием <sup>уменьшению</sup> внешнего магнитного поля.



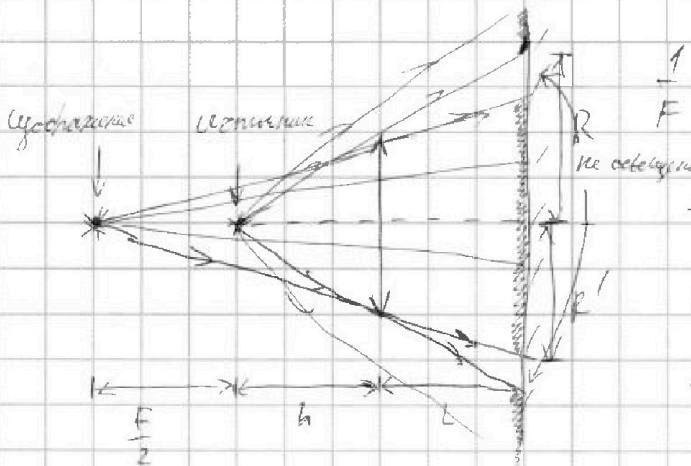


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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!



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad d = h$$

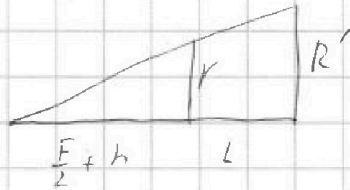
$$fd = Fd + Ff$$

$$f(d - F) = Fd$$

$$f = \frac{Fd}{d - F} = \frac{F^2}{2(-F)} = -F$$



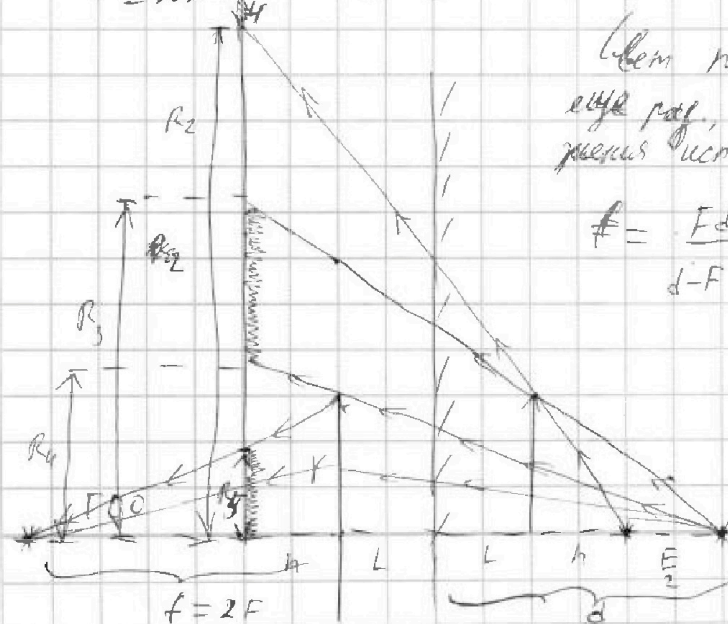
$$R = \frac{r \cdot (h + L)}{h} = \frac{r \cdot F}{\frac{F}{2}} = 2r$$



$$R' = \frac{r \left( \frac{F}{2} + h + L \right)}{\frac{F}{2} + h} = \frac{\frac{3}{2} F \cdot r}{F} = \frac{3}{2} r$$

$$1) S_{\text{кочка}} = \pi (R^2 - (R')^2) = \pi r^2 \left( 4 - \frac{9}{4} \right) = \pi r^2 \left( \frac{16 - 9}{4} \right) =$$

$$= \pi r^2 \cdot \frac{7}{4} = 7\pi \text{ см}^2$$



Всем после старания будет присылать еще раз, что изображение является изображением истинного будет действительное.

$$f = \frac{Ed}{d - F} \quad d = \text{but } 2L + h + \frac{F}{2} = 2F$$

$$f = \frac{2F^2}{F} = 2F$$

$$S_{\text{кочка}} = \pi (R_2^2 - R_3^2 + R_4^2 - R_5^2)$$



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

2 ИЗ 2

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 условию:  $R_2 = 4r$   $R_3 = \frac{5}{2}r$   $R_4 = \frac{5}{4}r$   $R_5 = \frac{3}{4}r$

$$S_{\text{кол}} = \pi r^2 \left( 16 - \frac{25}{4} + \frac{25}{16} - \frac{9}{16} \right) = \pi r^2 \left( \frac{64}{4} - \frac{25}{4} + 1 \right) =$$

$$= \pi r^2 \left( \frac{39}{4} + \frac{4}{4} \right) = \frac{43}{4} \pi r^2 = 43\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $7\pi \text{ см}^2$

2)  $43\pi \text{ см}^2$

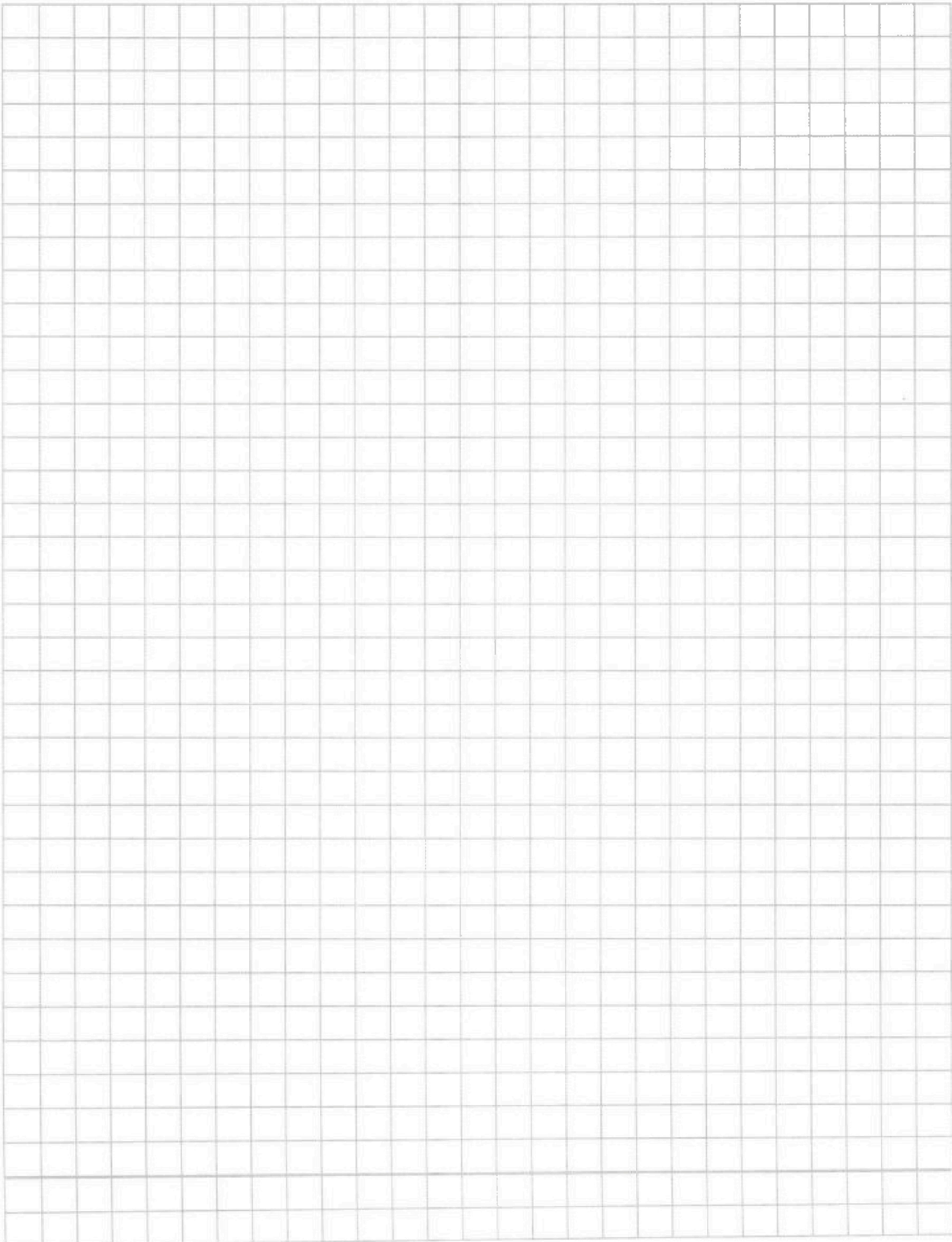


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

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!





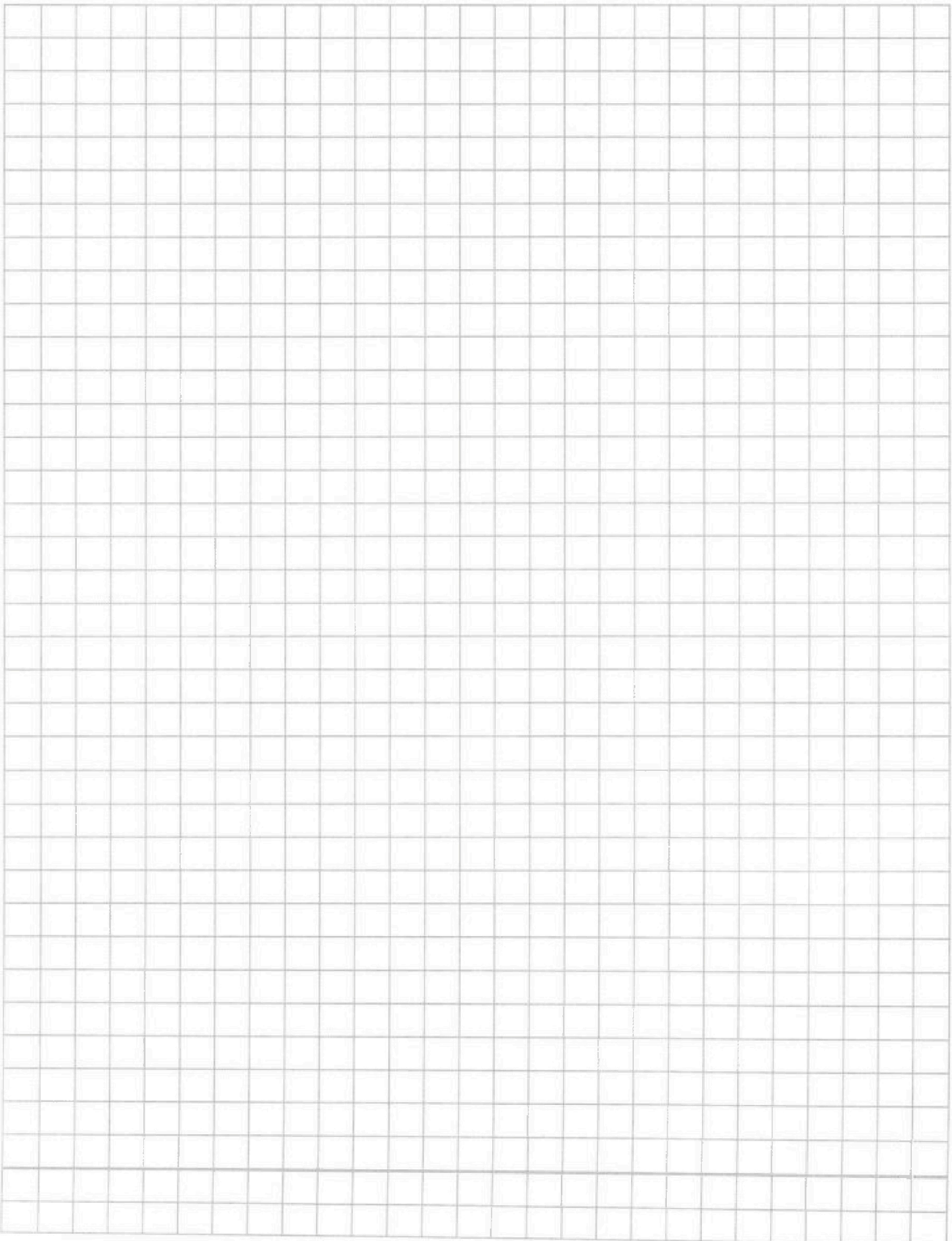


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!

