



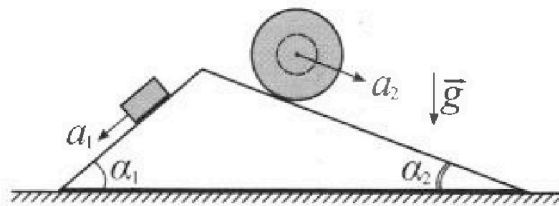
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$).



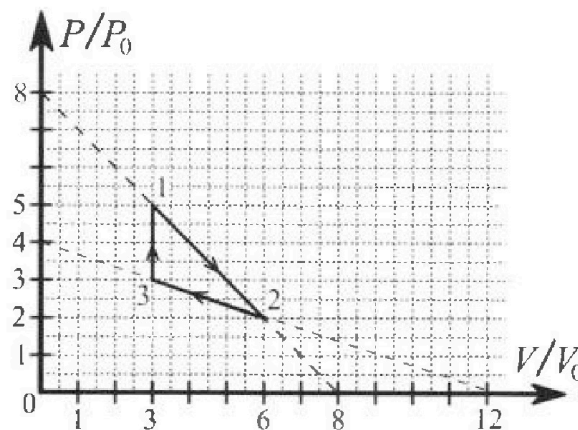
Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

- 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.

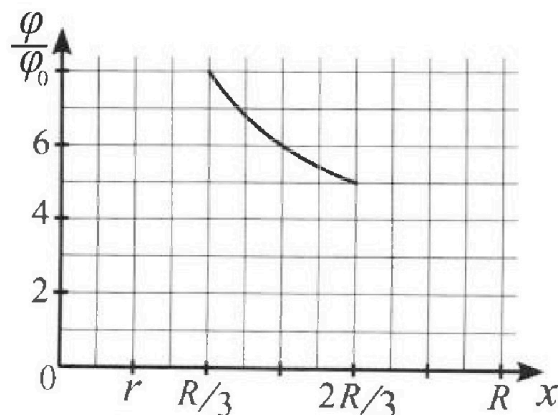
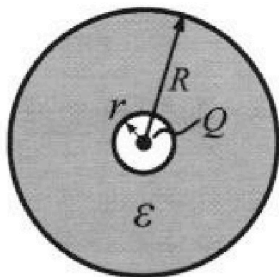
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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



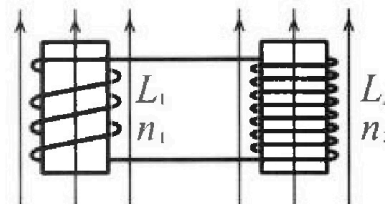
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

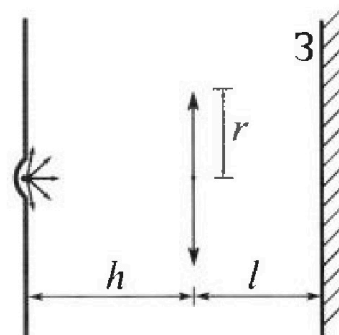


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 yl , где y - целое число или простая обыкновенная дробь.

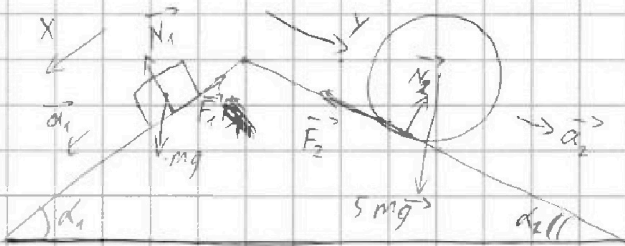
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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: $ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$

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

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

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

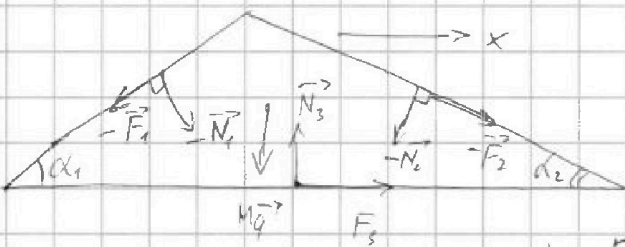
$= \frac{16}{85} mg$

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

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

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

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



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

X: $F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 + F_2 - N_2 \sin \alpha_2 + F_3 \cos \alpha_2 = 0$

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

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

$= \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{12}{85} mg + \frac{75 \cdot 8}{17} mg - \frac{64}{85} mg$

$= \frac{mg}{17} \left(\frac{64}{17 \cdot 5^2} - \frac{12}{5^2} + \frac{75 \cdot 8}{17^2} - \frac{64 \cdot 5}{17^2 \cdot 5} \right) = \frac{mg}{17} \left(\frac{64}{17 \cdot 25} - \frac{12}{25} + \frac{75 \cdot 8}{17^2} - \frac{64}{17^2} \right)$

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

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

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 = $\frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 3V_0 = 3P_0V_0$

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

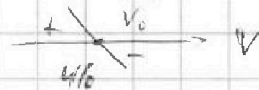
$$1) \frac{9P_0V_0}{3P_0V_0} = 3$$

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



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

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

$\eta = \frac{A}{Q_H}$ Какое значение под $Q' > 0$

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

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

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

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

до $5V_0$

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

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



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!

$$d\varphi = \int \frac{E}{r} dx$$

dx - перемещение вправо
 E - поле от заряда

$$d\varphi = \frac{E dx}{\epsilon} = \frac{dq}{\epsilon r^2}$$

ϵ диэлектрик

Переносим в числитель $\frac{3R}{4}$
 $= \frac{3kq}{R} + \frac{kq}{2R}$

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

$$d\varphi = kq \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{RE} + \frac{1}{RE} \right)$$

$$8\varphi_0 = kq \left(\frac{1}{R} + \frac{2}{RE} + \frac{1}{RE} \right)$$

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

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

$$\left. \begin{array}{l} 2\varphi_0 = \frac{kq}{RE} \\ \varphi_0 = \frac{kq}{2RE} \\ \varphi_0 = kq \left(\frac{4}{3RE} \right) = \frac{4kq}{3RE} \end{array} \right\}$$

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



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 ^{индукционных} катушек ~~может~~ ^{может} быть препятствием для работы внешнего магнитного поля.

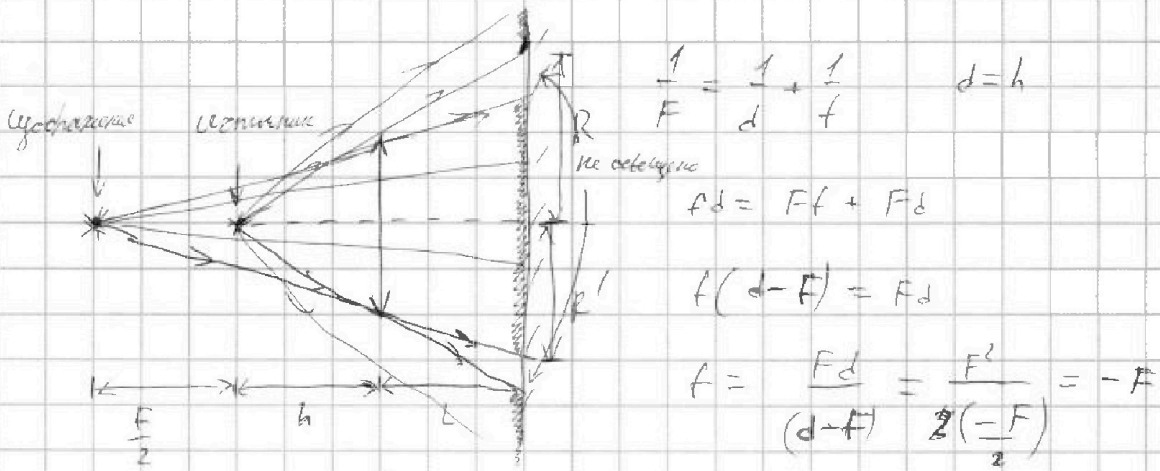


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

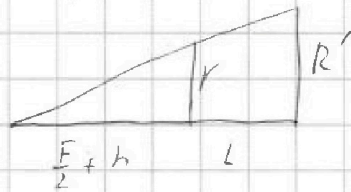
1 2 3 4 5 6 7

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!



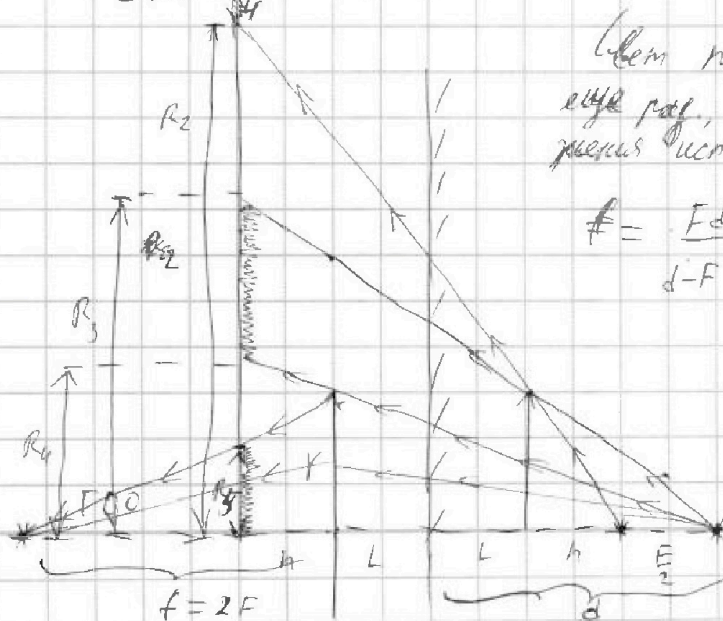
$$R = \frac{r \cdot (h+L)}{h} = \frac{r \cdot F}{\frac{F}{2}} = 2r$$



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

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

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



Если после отправки будет прислано еще раз, то усложнение линзы усложнения источника будет привнесено.

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

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

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



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) $43\pi \text{ см}^2$

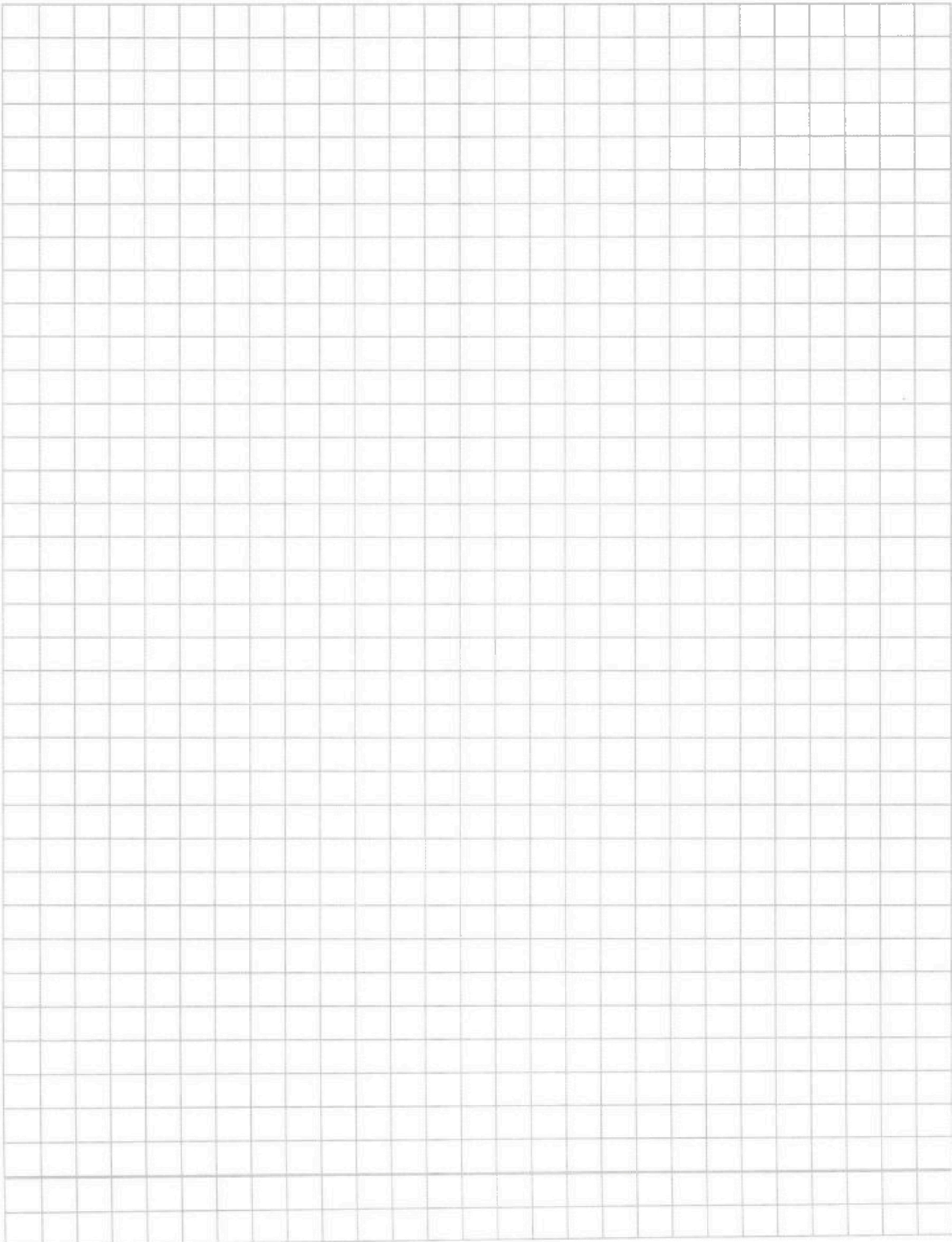


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



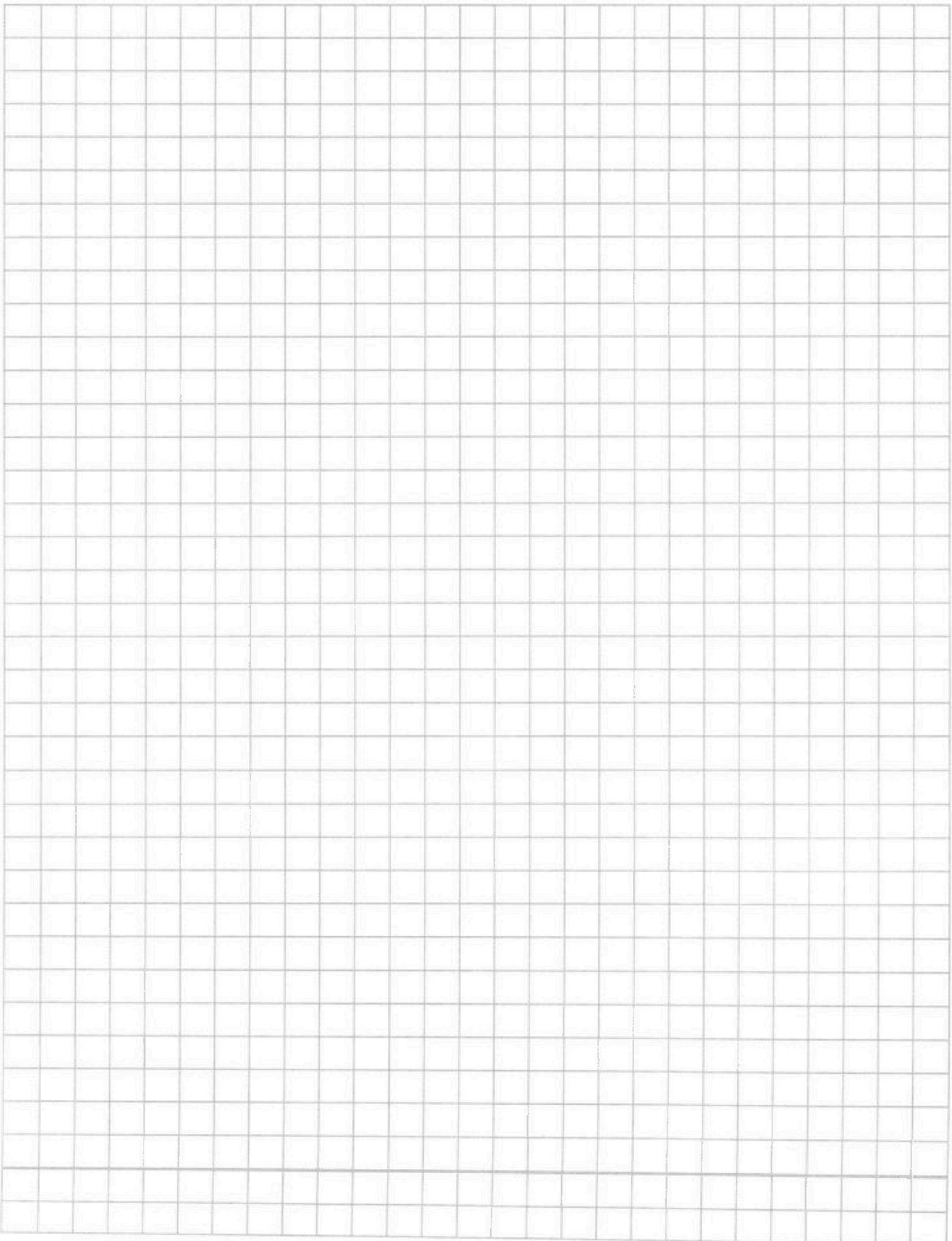


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

