



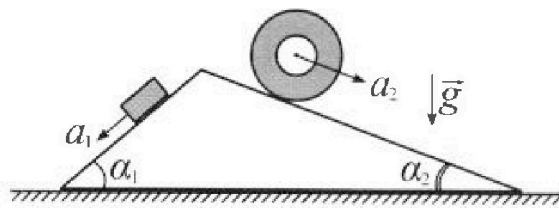
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

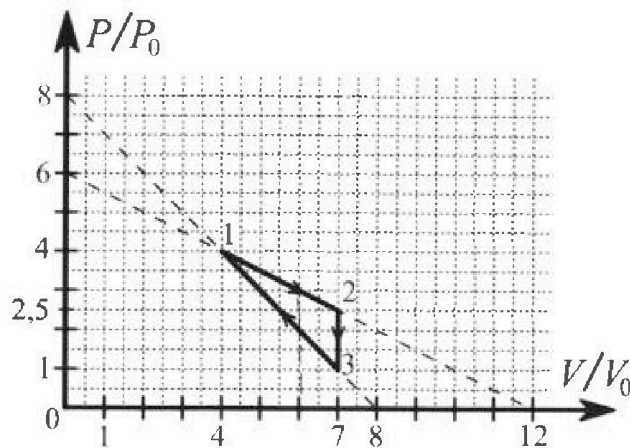


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

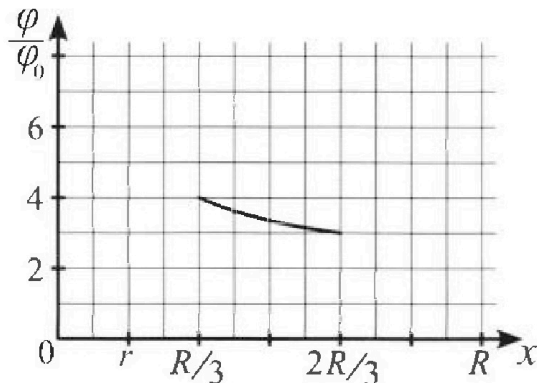
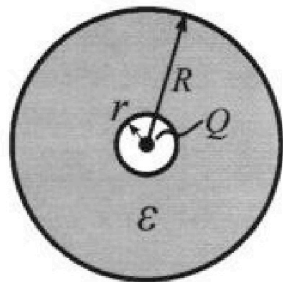
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



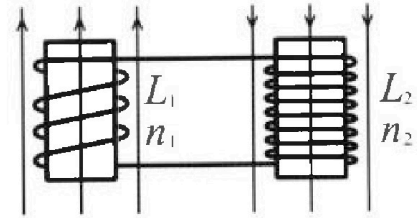
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

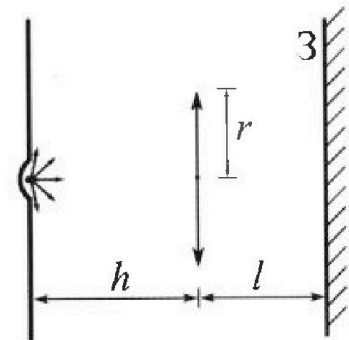


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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. Считают, 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.

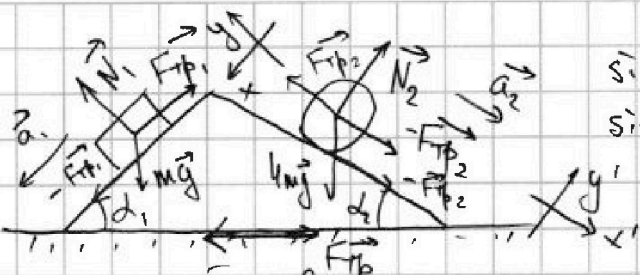


1  2  3  4  5  6  7

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!

1



$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}; \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{5}{13}; \cos \alpha_2 = \frac{12}{13}$$

Обозначим действующие на тела силы.  $N_1$  и  $N_2$  - силы реакции опоры,  $F_{тр1}$  и  $F_{тр2}$  - силы трения, действующие на данные тела (брусок и цилиндр).

~~Сила трения, действующая на цилиндр, направлена по каск. н-ти (т.е. цилиндр катится).~~

1)  $N_1 + mg + F_{тр} = ma$  (I З.К. для бруска)

В проекциях на  $Ox, Oy$ :

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$-F_{тр} + mg \sin \alpha_1 = ma, (1) \text{ Также } F_{тр} = \mu N \text{ (коэф. трения } \mu)$$

$$\text{Из (1) } F_{тр} = -m(a_1 - g \sin \alpha_1) = -m\left(\frac{5g}{13} - \frac{3g}{5}\right) = m\left(\frac{3g}{5} - \frac{5g}{13}\right) =$$

$$= m\left(\frac{39}{65}g - \frac{25}{65}g\right) = \frac{14}{65}mg$$

2)  $N_2 + 4mg + F_{тр2} = 4ma_2$  (II З.К. для цилиндра)

В проекциях на  $Ox', Oy'$ :

$$N_2 = 4mg \cos \alpha_2$$

$$-F_{тр2} + 4mg \sin \alpha_2 = 4ma_2 \Rightarrow F_{тр2} = 4m(g \sin \alpha_2 - a_2) =$$

$$= 4m\left(\frac{5}{13}g - \frac{5}{26}g\right) = m\left(\frac{20}{13}g - \frac{5}{6}g\right) = mg\left(\frac{120}{78} - \frac{65}{78}\right) = \frac{55}{78}mg$$

3) По III З.К. на клин действуют силы трения со стороны брусков, направленные противоположно силам трения, действующим со стороны клина.

Т.о.  $-F_{тр1,2} - F_{тр2,2} + F_{тр2} = 0$  (Клин покоится)

$$F_{тр2} = F_{тр1,2} + F_{тр2,2} = F_{тр1} \cos \alpha_1 + F_{тр2} \cos \alpha_2$$

$$= \frac{14}{65}mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{55}{78}mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{56}{325}mg + \frac{660}{1014}mg = \frac{56}{325} + \frac{330}{507}mg = \frac{56}{325} + \frac{110}{169}mg$$

$$= \frac{56}{13 \cdot 25}mg + \frac{110}{13^2}mg = \frac{56 \cdot 13}{65^2}mg + \frac{110 \cdot 25}{65^2}mg =$$



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  
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!

$$= \frac{56 \cdot 13 + 110 \cdot 25}{65^2} \text{ мг} = \frac{728 + 2750}{65^2} \text{ мг} = \frac{3478}{4225} \text{ мг}.$$

Ответ: 1)  $\frac{14}{65} \text{ мг}$ ; 2)  $\frac{55}{78} \text{ мг}$ ; 3)  $\frac{3478}{4225} \text{ мг}$ .

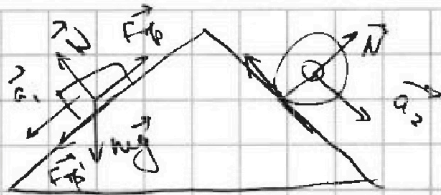


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{3g}{5} - \frac{5g}{13} = \frac{39}{65}g - \frac{25}{65}g = \frac{14}{65}g$$

$$4m(a_2 - g \sin \alpha_2) = \left( \frac{5g}{24} - \frac{5g}{13} \right)$$

$$4mg \sin \alpha_2 = m \frac{20}{13}g = 4m \cdot \frac{5}{13}g$$

$$\begin{array}{r} \times 55 \\ 12 \\ \hline + 110 \\ 55 \\ \hline 660 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 78 \\ 13 \\ \hline + 234 \\ 78 \\ \hline 1014 \end{array}$$

$$1014 \overline{) 2} \quad 507$$

$$\begin{array}{r} \times 56 \\ 13 \\ \hline + 168 \\ 56 \\ \hline 728 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 110 \\ \hline + 25 \\ 2750 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 325 \overline{) 5} \\ 65 \overline{) 5} \\ 13 \overline{) 13} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 325 \overline{) 5} \\ 30 \overline{) 30} \\ 25 \overline{) 25} \\ 5 \end{array}$$

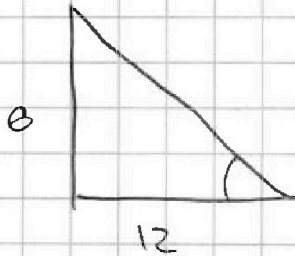
$$169 = 13^2$$

$$\begin{array}{r} + 2750 \\ 728 \\ \hline 3478 \end{array}$$

$$13 \cdot 5 = 5$$

$$\begin{array}{r} \times 65 \\ 65 \\ \hline + 325 \\ 390 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 78 \overline{) 3} \\ 16 \overline{) 16} \\ 18 \overline{) 18} \\ 0 \end{array}$$



$$\frac{1}{g} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{v}{v_0}$$

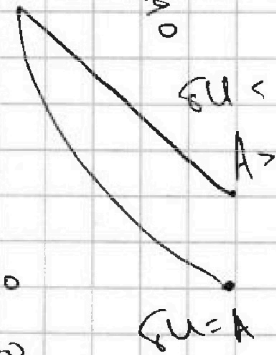
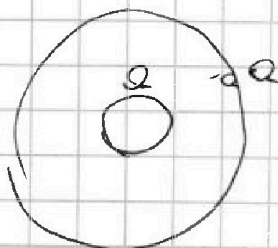
$$6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot 4 = 4p_0$$

$$6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot 7 = 2.5p_0$$

$$p dV = \frac{3}{2} p dV$$

$$\varphi = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{3Q}{R}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$$



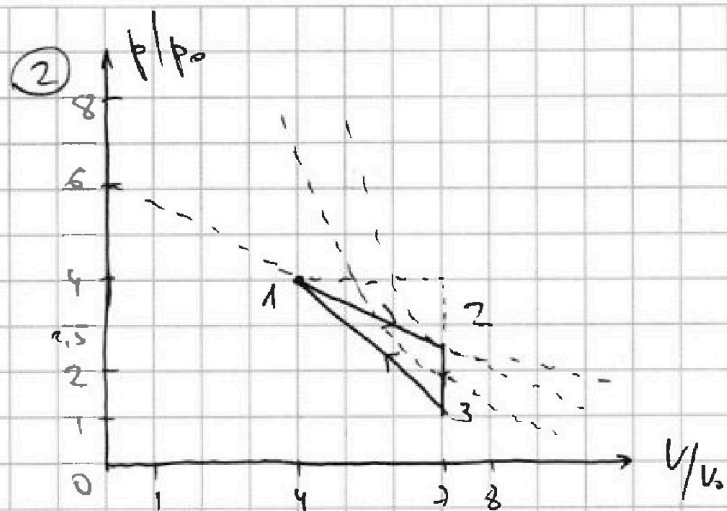


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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) Посчитаем работу газа за цикл.

$$A = S(\Delta 123) \quad (\text{по св-ву работы на графике})$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot \frac{3}{2} p_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\Delta U_{21} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{21} \quad (\text{газ одноатомный}) - \text{внутр. энергия (крив. е)}$$

$pV = \nu RT$  - ур-е М-к. Процесс 2-3 изохорный, поэтому

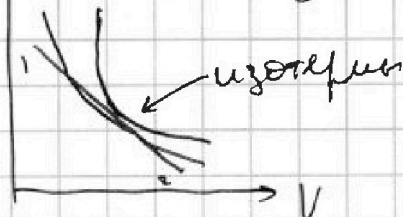
$$\Delta pV_{23} = \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow |\Delta U_{23}| = \left| \frac{3}{2} \Delta pV_{23} \right| = \left| \frac{3}{2} \cdot 7V_0 \cdot \frac{3}{2} p_0 \right| = 7 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\text{т.е. } \frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{7 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7.$$

$p$   $\rightarrow$  ось

2) Рассмотрим процесс 12.

Изотермы пересекают график этого процесса, макс. температура - когда изотерма касается графика (чем больше  $T$ , тем "выше" изотерма, и севшая постепенно переходит в касательную).



Изотерма имеет ф-ю  $p(V) = \frac{\nu RT}{V}$ ,  $T$  - темп., которой соотв. эта изотерма; сл-е из ур-я М-к.

Функция процесса 1-2:  $p_2(V) = 6p_0 \frac{V_0}{V} - \frac{1}{2} p_0 \frac{V}{V_0}$  (из графика знаем  $\tan$  угла наклона, он равен  $-\frac{1}{2}$ ).



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  
2 ИЗ 3

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!

Продифференцируем ф-ю  $p(V)$ :  $p'(V) = -\frac{\partial RT_0}{V^2}$

Упр-е касат. к  $p(V)$  в точке  $V_x$ :

$$p = -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}(V - V_x) + p(V_x) = -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}V + \frac{\partial RT_0 V_x}{V_x^2} + \frac{\partial RT_0}{V_x}$$

$$= -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}V + 2\frac{\partial RT_0}{V_x}$$

Чтобы касат. совпадала с  $p_{12}(V)$ :

$$\begin{cases} -\frac{\partial RT_0}{V_x^2} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \\ 2\frac{\partial RT_0}{V_x} = 6p_0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{\partial RT_0}{V_x^2} = \frac{1}{2} p_0 V_0 \\ p_0 = \frac{\partial RT_0}{3V_x} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\partial RT_0}{V_x^2} = \frac{1}{6} \frac{p_0}{V_0} \cdot \frac{\partial RT_0}{V_x} \Rightarrow V_x = 6V_0$$

Т.е. темп. газа максимальна, когда объём равен  $6V_0$ .

В сост. 1:  $4p_0, 4V_0, T$ ; в сост. 2:  $3p_0, 6V_0, T_0$

Значит из ф-лы для уд. газа при  $V = \text{const}$ :  $\frac{4p_0 \cdot 4V_0}{T} = \frac{3p_0 \cdot 6V_0}{T_0}$

$$\Rightarrow \frac{T_0}{T} = \frac{18p_0 V_0}{16p_0 V_0} = \frac{9}{8}$$

$$3) \eta_{цикла} = \frac{A}{Q_{пр.}} \quad A = \frac{9}{4} p_0 V_0 \text{ (см. пункт 1)}$$

~~Газ получает тепло~~  $\Leftrightarrow \delta Q = A + \delta U$  для каждого процесса.

В процессе 23:  $\delta Q = A + \delta U < 0 \Rightarrow$  тепло отводится от газа

В процессе 12: после прохождения точки с макс.  $T$  тепло начинает отводиться от газа, а газ начинает соверш. работу за счёт уменьшения  $U$  (работа  $p \delta V$ ,  $\delta U = \frac{3}{2} p \delta V$  на малом участке, больше, чем  $A$ ).

Т.е. тепло подводится только до  $T_0$  (точки с такой  $T$ )

$$\delta Q = \frac{(3p_0 + 4p_0)3V_0}{2} = A + \frac{3}{2}(18p_0 V_0 - 16p_0 V_0) = \frac{21}{2} p_0 V_0 + 3p_0 V_0$$



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 3

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!

$$= \frac{27}{2} p_0 V_0.$$

Рассмотрим процесс 31.



Покажем  $T \uparrow \Rightarrow U \uparrow, A < 0$   
Потом, после макс.  $T$ ,  
 $U \downarrow, A < 0$

Т.е. до макс.  $T = T'$  тепло подводится, после - отводится.

$$p(V) = \frac{\partial RT}{V} - \text{изотермы}$$

$$p = -\frac{\partial RT}{V^2} V + 2 \frac{\partial RT}{V_x} - \text{касат. в точке } V_x \text{ (см. пункт 2)}$$

$$p_{31}(V) = 8p_0 - p_0 \frac{V}{V_0} \text{ (процесс 31 из графика)}$$

$$\text{Т.е. } \begin{cases} \frac{\partial RT}{V_x^2} = 1 \cdot \frac{p_0}{V_0} \\ 2 \frac{\partial RT}{V_x} = 8p_0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{\partial RT}{V_x^2} = \frac{p_0}{V_0} \\ p_0 = \frac{\partial RT}{4V_x} \end{cases} \Rightarrow \frac{\partial RT}{V_x^2} = \frac{\partial RT}{4p_0 V_x} \Rightarrow V_x = 2V_0$$

Это означает, что температура газа увелич. в т.е. всего процесса 31 и  $Q$  всегда подводится

$$\text{Т.е. } \delta Q_{31} A + \delta U_{31} = -\frac{(p_0 + 4p_0)}{2} \cdot 3V_0 + \frac{5}{2} (16p_0 V_0 - 7p_0 V_0) \\ = -\frac{15}{2} p_0 V_0 + \frac{27}{2} p_0 V_0 = 6p_0 V_0.$$

$$\eta = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{27}{2} p_0 V_0 + 6p_0 V_0} = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{39}{2} p_0 V_0} = \frac{9 \cdot 2}{24 \cdot 39} = \frac{9}{78} = \frac{3}{26}$$

Ответ: 1) 7 ; 2)  $\frac{9}{8}$  ; 3)  $\frac{9}{26}$ .



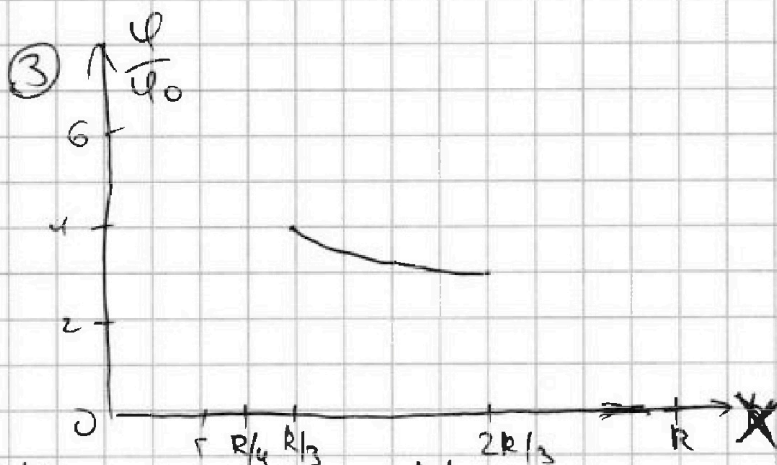


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Из графика  $\gamma < R/4$ .

$$E(x) = \begin{cases} k \frac{Q}{x^2}, & x \geq R \\ k \frac{Q}{\epsilon x^2}, & x < R; x \geq \gamma \end{cases} \quad (\text{поле в системе})$$

т.е.  $\varphi(x) = \begin{cases} k \frac{Q}{x}, & x \geq R \\ k \frac{Q}{R} + A_{x \rightarrow R}, & x \in [\gamma; R) \end{cases}$   $A_{x \rightarrow R}$  - работа по перен.

$$A_{x_0 \rightarrow R} = \int_{x_0}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \int_{x_0}^R \left[ \frac{kQ}{\epsilon x} \right]_{x_0}^R = \frac{kQ}{\epsilon} \left[ \frac{1}{x} \right]_{x_0}^R = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{x_0} - \frac{1}{R} \right)$$

т.е.  $\varphi(R/4) = k \cdot \frac{Q}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{4}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{3}{\epsilon} \right)$

2)  $\varphi(R/3) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{3}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R} + \frac{2kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{2}{\epsilon} \right)$

$$\varphi(2R/3) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{3}{2R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{2\epsilon R} = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{2\epsilon} \right)$$

Из графика  $\frac{\varphi(R/3)}{\varphi(2R/3)} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{1 + \frac{2}{\epsilon}}{1 + \frac{1}{2\epsilon}} = \frac{4}{3} \Leftrightarrow 3 + \frac{6}{\epsilon} = 4 + \frac{2}{\epsilon}$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{4}{\epsilon} \Leftrightarrow \epsilon = 4.$$

Ответ: 1)  $\varphi(R/4) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{3}{\epsilon} \right)$

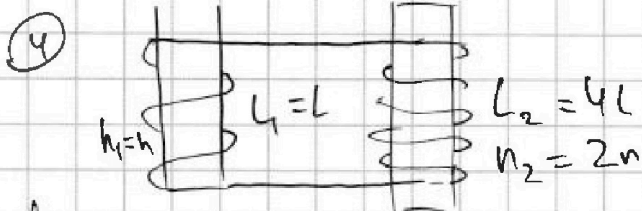
2)  $\epsilon = 4.$



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!



катушки далеко друг от друга  $\Rightarrow$  своими полями они не взаимодействуют.

1)  $L \frac{dI}{dt} = \frac{dB}{dt} nS$  (по определению индуктивности;  $S$  не меняется,  $n$  не меняется)

~~$\frac{dI}{dt} = \frac{dB}{dt} nS / L = \frac{dnS}{L}$~~

2) Возникающую ЭДС можно поделить на 2 части:

$\mathcal{E}_1(\text{внеш.}) = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$  - связ. с изменением силы тока

$\mathcal{E}_2(\text{внутр.}) = -\frac{dB}{dt} nS$  - связ. с изменением внеш. МП

$\mathcal{E}_2(\text{внутр.}) = -L_2 \frac{dI}{dt}$  - во второй катушке

$\sum \mathcal{E} = 0$  (контур замкнут, сум. э. равно 0)

$L \frac{dI}{dt} + 4L \frac{dI}{dt} + \frac{dB}{dt} nS = 0 \Leftrightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{dnS}{5L}$

2) То же самое, что и в п.1, только добав. измен. внеш. поле у 2-й катушки.

$5L \frac{dI}{dt} + \frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dB_2}{dt} n_2 S = 0 \Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{\frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dB_2}{dt} n_2 S}{5L}$

Интегрируем:  $\int_0^S \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{S}{5L} \left( \int_0^{B_1} n_1 \frac{dB_1}{dt} + \int_0^{B_2} n_2 \frac{dB_2}{dt} \right), I(0) = 0$

т.е.  $|I_{\text{кон}}| = \frac{S}{5L} \left( n_1 \frac{B_0}{2} + n_2 \frac{4B_0}{3} \right) = \frac{B_0 S}{5L} \left( \frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} \right)$

Ответ: 1)  $\frac{dnS}{5L}$ ; 2)  $\frac{B_0 S}{5L} \left( \frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} \right) = \frac{B_0 S (3n_1 + 8n_2)}{30L}$

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.

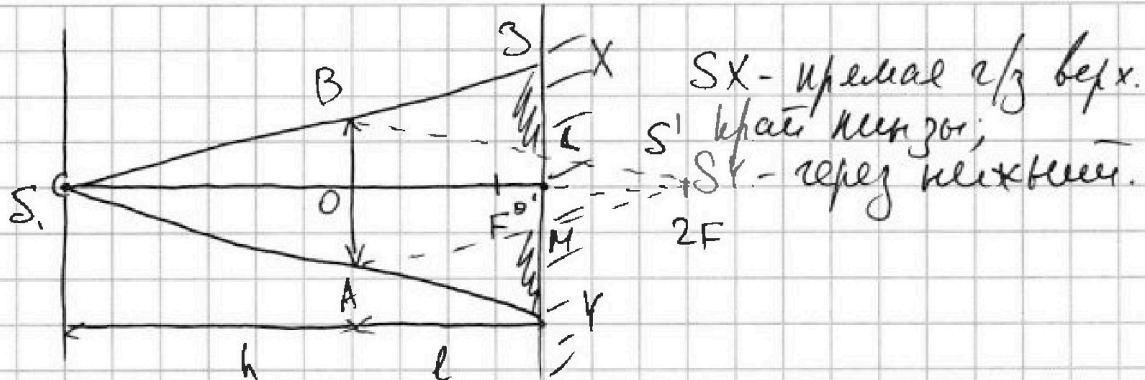


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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



1) Заметим, что все лучи света, проходящие мимо линзы, попадают на зеркало, т.е. всё, что находится вне  $XK$ , освещено не преломлёнными лучами.

Все лучи, проход. через линзу, если бы не было зеркала, сфокусировались бы в точке на опт. оси на раст-ии  $h/2$  от зеркала за зеркалом. (источник находится на двойном фокусном  $\Rightarrow \Rightarrow$  изобр-е на двойном фокусном).

Из принципа Ферма свет в однородной среде распространяется прямолинейно, поэтому лучи от точки падения на линзу идут прямо к предп. изобр-ю  $S$ , создавая освещённый конус  $BS'$ .

Т.е. образуются две неосвещённые области, симметр. относительно ГОО:  $XL$  и  $MK$  на рисунке.

$O'$  - т.п. ГОО и зеркала,  $O$  - линзы и ГОО

$$\frac{XO'}{BO} \approx \frac{S'O'}{SO} \text{ из подобия } \Rightarrow XO' = \frac{S'O'}{SO} \cdot BO = \frac{h+l}{h} \Gamma = \left(1 + \frac{l}{h}\right) \Gamma = \left(1 + \frac{2h}{3h}\right) \Gamma = \frac{5}{3} \Gamma$$

$$\text{Также из подобия } \frac{LO'}{BO} = \frac{O'S'}{OS'} \Rightarrow LO' = \frac{O'S'}{OS'} \cdot BO = \frac{h-l}{h} \Gamma = \left(1 - \frac{2h}{3h}\right) \Gamma = \frac{1}{3} \Gamma \Rightarrow XL = XO' - LO' = \frac{4}{3} \Gamma$$



1  2  3  4  5  6  7

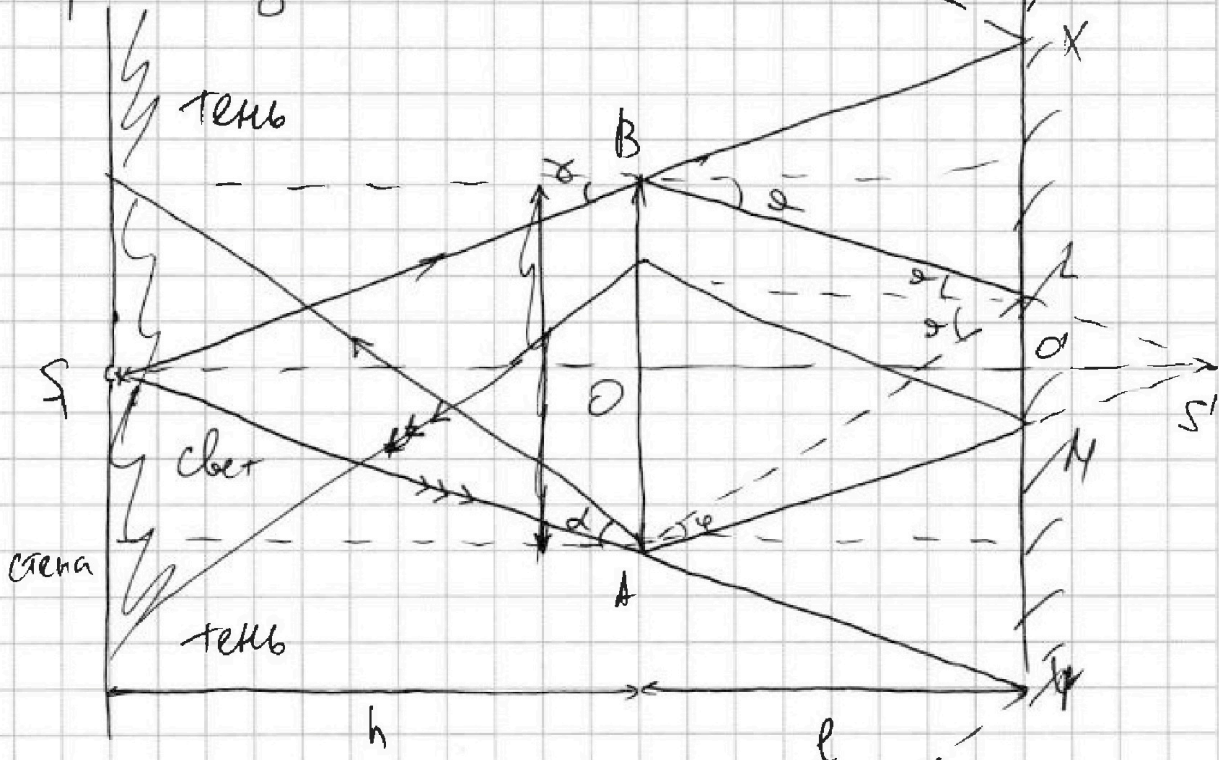
СТРАНИЦА  
2 из 3

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!

Поэтому  $S_{\text{тени}} = \frac{\pi d^2}{4}$ , где  $d$  - диаметр,  $h$  - высота,  $l$  - длина,  $g$  - радиус.

$$S_{\Sigma} = \frac{\pi \cdot x l^2}{2} = \frac{\pi \cdot 16 l^2}{18} = \frac{8}{9} \pi r^2 = \frac{8}{9} \cdot 3^2 \pi = 8\pi \text{ (см)}^2$$

2) Про стену



лучи, проходящие изначально мимо линзы, отраж от зеркала и освещ. область, находя. дальше  $2 \times \frac{10}{3} r = 10 \text{ см}$  от точки  $S$ .

лучи, прошедшие через линзу, отражаются от зеркала, и, пройдя через него, вновь преломляются в линзу и выходит под тем же углом к опти. оси, что и до падения, только в другой точке и в другую сторону. Эти лучи создают на стене светящийся конус, ограниченный крайними лучами ( $\rightarrow$  и  $\leftarrow$  на рис.)

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.

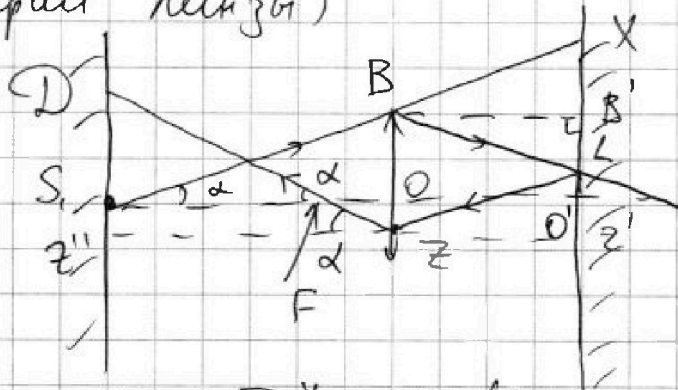


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 3

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!

Рассм. крайний луч (т.е. падающий на самый край линзы)



обозн-е точек  
и углов

Сначала найдём  $zO$ . Из симметрии  $BL = LZ$ , т.е.  $B'L \neq LZ' \Rightarrow BO - O'L = LO' + OZ \Rightarrow$

$$\Rightarrow OZ = BO - 2LO' = r - 2 \cdot \frac{1}{3}r = \frac{1}{3}r$$

Далее рассм-е соотн-е из подобия:

$$\frac{FS_1}{h} = \frac{DS_1}{Dz''} = \frac{DS_1^*}{DS_1^* + \frac{r}{3}} ; \text{tg } \alpha = \frac{BO}{SO} = \frac{r}{h}$$

$\frac{Dz''}{h} = \text{tg } \alpha \Rightarrow Dz'' = r$ . Тогда  $DS_1 = Dz'' - \frac{r}{3} = \frac{2r}{3}$  - размер осв. части лучами от зеркала с одной из сторон (с другой симметрично).

Тогда размер тени с кажд. стороны:  $10 \text{ см} - \frac{2 \cdot 10 \text{ см}}{3} = 8 \text{ см}$ .

$$S_{\text{тени}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2 \text{ см}^2}{4} = 32\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

Ответ: 1)  $8\pi \text{ см}^2$ , 2)  $32\pi \text{ см}^2$

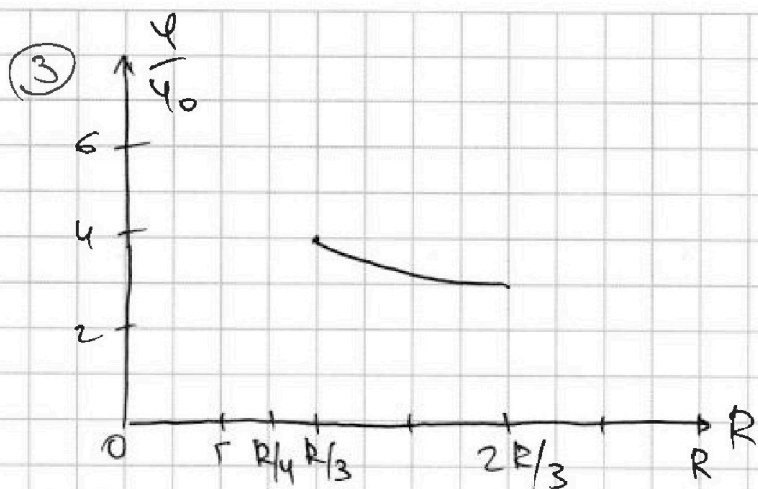


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 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!



- 1) Принято считать, что эл. поле в диаметре уменьшается в  $\epsilon$  раз.  
 Указано, что  $x = R/4$  наход. внутри диэлектрика.

Поле шарика с зарядом  $Q$  вне него такое же, как и у точечного заряда, помещённого в центр этого шара.

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2} \quad (\Rightarrow \text{для потенциала тоже самое})$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x} = \frac{k}{\epsilon} \frac{Q}{x} \Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{4Q}{R} \quad \leftarrow \text{внутри шара}$$

Т.е. если  $r \leq R/4$  :  $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{4Q}{R}$ .

- 2) Из графика  $r < R/4$ , поэтому этот ответ верен всегда.

Из графика  $\frac{\varphi(R/3)}{\varphi(R/4)} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{k}{\epsilon}$

Вне шара диэлектрика уже нет, поэтому там потенциал у точек такой же, что был бы и без диэл.

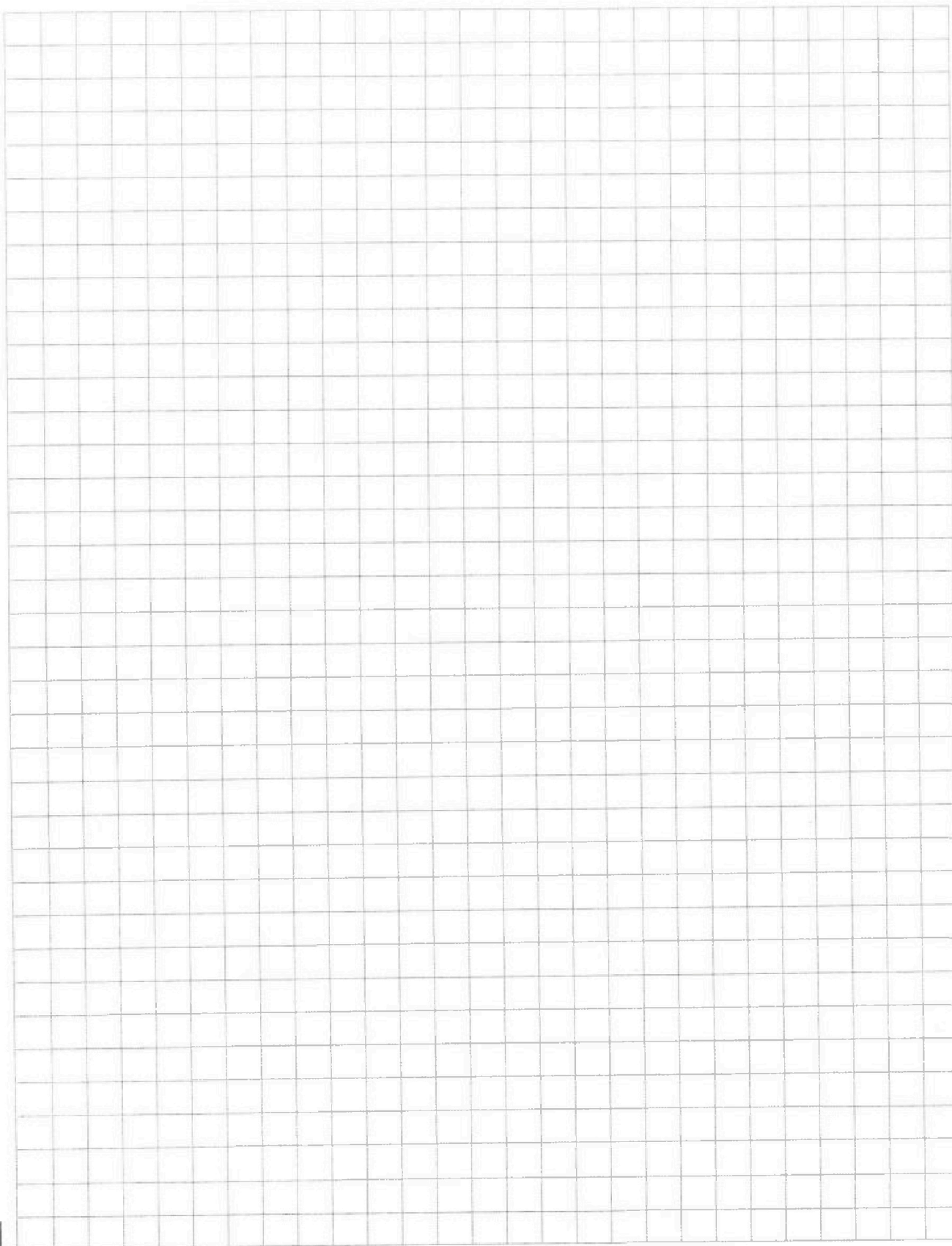


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

$$\Psi_{R/3} = \Psi_{2R/3} + \Psi_{R/3 \rightarrow RP/3}$$

$$\Psi_{R/3} = \Psi_{R/3 \rightarrow R} + \Psi_{R/3 \rightarrow \infty}$$

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{dB}{dt}$$

$$F = B q v$$

$$[B] = \frac{F}{q v}$$

$$\left[\frac{B}{t}\right] = \frac{H}{\frac{C \cdot \mu}{c} \cdot e} = \frac{\mu \cdot \mu}{c^2 \cdot \frac{C}{H} \cdot C}$$

$$[e] = \frac{\mu \cdot \mu^2}{c^2 \cdot \mu}$$

$$F = B I l$$

$$[B] = \frac{F}{I l}$$

$$\frac{B}{t} = \frac{\mu \cdot \mu}{c^2 \cdot \frac{C}{\mu} \cdot \mu \cdot \mu} = \frac{\mu}{c^2 \cdot \mu}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{dB}{dt} n S$$

$$\mathcal{E}_1 =$$

$$B_0 \downarrow \quad \downarrow 2B_0/3$$

$$W = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$D^* = H \cdot \mu = \frac{C n}{c} \cdot \frac{H \cdot c}{\mu}$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$L_1 \frac{dB}{dt} n S + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{L_1}{L_2} \Delta n S$$

$$\frac{B_0 S}{5L}$$

$$\frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} = \frac{3n_1 + 8n_2}{6}$$