

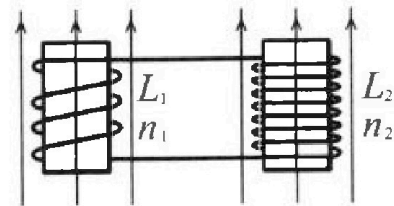
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

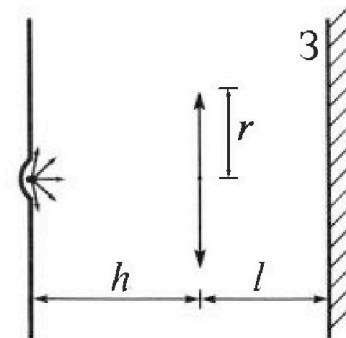


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , 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  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  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.



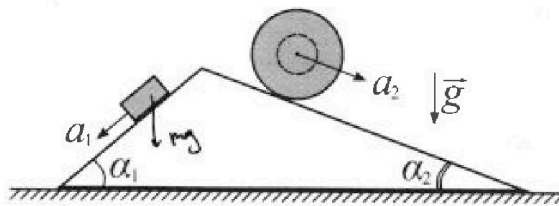
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

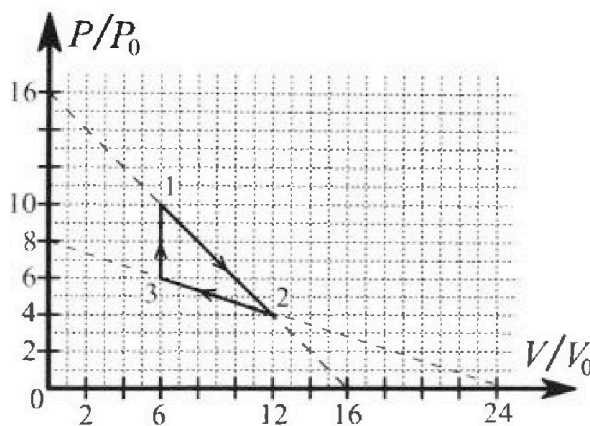
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) 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.

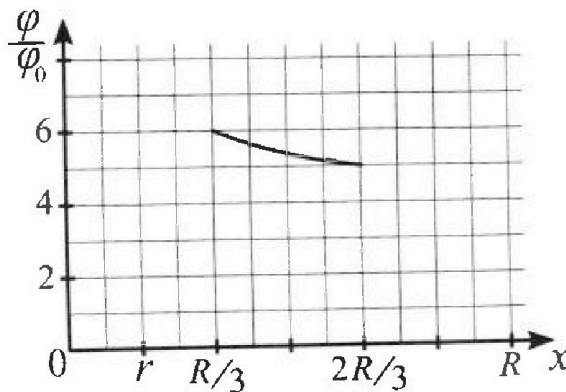
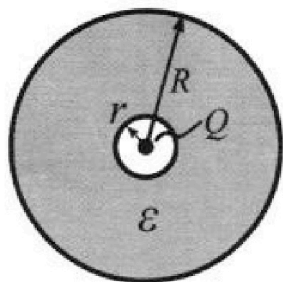


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .







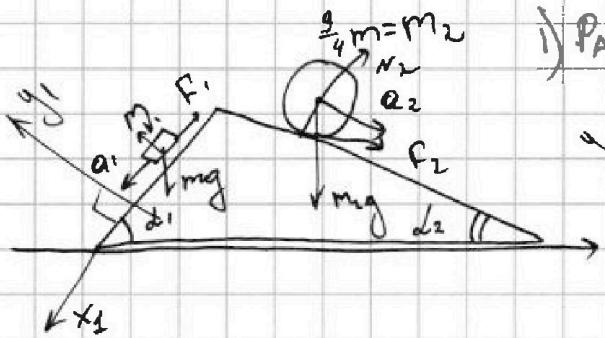
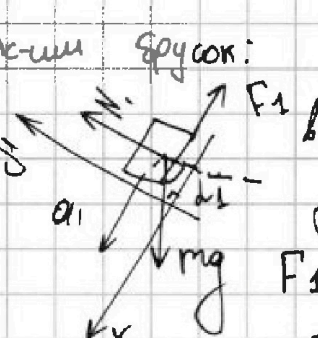
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

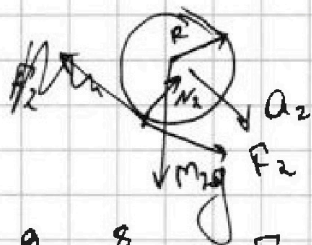
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) РАС-ши брусок: II-ой закон Ньютона

вкр. на ось  $x_1$ :  $ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$   
 $y_1: 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1$   
 $F_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{17} \right) = \frac{51-25}{85} mg = \frac{26}{85} mg. (1)$

2) РАС-ши полый шар:



Ур-ие движения твердого тела:

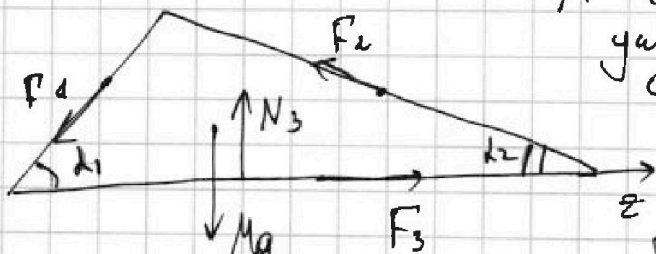
$$I \epsilon = F_2 R$$

$\epsilon$  - угловое ускорение шара  
 $\epsilon = \frac{a_2}{R}$ ,  $R$  - радиус шара.

$I$  - момент инерции полного шара  
 $I = m_2 R^2 = \frac{9}{4} MR^2.$

$$\frac{9}{4} m \frac{8}{27} g = F_2, \quad F_2 = \frac{2}{3} mg. (2)$$

3) РАС-ши клин.



$M$  - масса клина

уч. равновесия вкр. на ось  $z$ :

$$0 = -F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 + F_3$$

$$F_3 = \left( \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{3} + \frac{2}{3} \cdot \frac{15}{17} \right) mg$$

$$F_3 = \frac{26 \cdot 12 + 30 \cdot 25}{17 \cdot 25 \cdot 3} mg = \frac{312 + 750}{17 \cdot 25 \cdot 3} mg = \frac{1062}{425 \cdot 3} mg = \frac{354}{425} mg. (3)$$

Ответ:  $F_1 = \frac{26}{85} mg$

$F_2 = \frac{2}{3} mg$

$F_3 = \frac{354}{425} mg$



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!

$$\lambda = 3.$$

$$1) A_{12} = \frac{10P_0 + 4P_0}{2} \cdot 6V_0 = 42 P_0 V_0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (4P_0 \cdot 12V_0 - 10P_0 \cdot 6V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 \cdot (48 - 60) = -18 P_0 V_0$$

$$A_{23} = - \frac{6P_0 + 4P_0}{2} \cdot 6V_0 = -30 P_0 V_0$$

$$A_{31} = 0$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 12 P_0 V_0$$

$$\beta = \frac{|\Delta U_{12}|}{A} = \frac{18}{12} = \frac{3}{2}$$

2)  $T_3 =$  из ур-ва Менделеева - Клапейрона:

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{\nu R} = \frac{36 P_0 V_0}{\nu R}$$

Рас-ши процесс  $1 \rightarrow 2$ , здесь  $P = 16P_0 - \frac{V}{V_0} P_0$ , зависимость давления газа от его объема на участке  $1 \rightarrow 2$ .

Тогда температура газа на участке  $1 \rightarrow 2$  будет стили  $1 \rightarrow 2$ .  
ур-ва Менделеева - Клапейрона:

$$T = \frac{(16P_0 - \frac{V}{V_0} P_0) V}{\nu R} = -V^2 \cdot \frac{P_0}{V_0 \nu R} + V \cdot \frac{16P_0}{\nu R}$$

$T(V)$  - ур-ва параболы ветвлени вниз  $\Rightarrow$  max. ф-ии (температура) будет в вершине этой параболы, т.е. при  $V = \frac{-\frac{16P_0}{\nu R}}{-2 \cdot \frac{P_0}{V_0 \nu R}} = 8V_0$  (входит удовл. кер-ву (2))

$$T_{\max} = (-64 + 8 \cdot 16) \frac{P_0 V_0}{\nu R} = 64 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$$

$$\gamma = \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$





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!

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+}$$

$$dQ = dA + dU.$$

максимальный утяжнок

• Рас-шия процесса 1→2:

$$dQ = P dV + \frac{3}{2} (P dV + V dP)$$

$$dQ_{12} = 4 \frac{5}{2} \cdot (16 p_0 dV - \frac{V}{V_0} p_0 dV) + \frac{3}{2} V \cdot (-dV \frac{p_0}{V_0}) =$$

$$= p_0 dV (40 - \frac{V}{V_0} (2,5 + 1,5)) = p_0 dV (40 - 4 \frac{V}{V_0}), \quad \frac{dV}{V_0} > 0$$

при  $V \leq 10 V_0$   $dQ > 0$ :  $Q_{+12} = \int dQ_{12} = 40 p_0 V_0 (10 - 6) -$

$$- \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot \frac{100 V_0^2 - 36 V_0^2}{2} = 400 p_0 V_0 - 128 p_0 V_0 = 272 p_0 V_0.$$

• Рас-шия процессе 2→3:

давление зависит от объёма следующим образом:

$$P = 8 p_0 - \frac{8}{24} \frac{V}{V_0} p_0 = 8 p_0 - \frac{V}{3 V_0} p_0 \quad \text{при } 6 V_0 \leq V \leq 12 V_0 \quad (5)$$

$$dP = - \frac{dV}{3 V_0} p_0$$

309 где малому утяжню процессе 2→3:

$$dQ_{23} = \frac{5}{2} (8 p_0 dV - \frac{p_0}{3 V_0} V dV) + \frac{3}{2} V (- \frac{dV}{3 V_0} p_0) =$$

$$= p_0 dV (20 - \frac{4}{3} \frac{V}{V_0}) = p_0 |dV| \cdot (\frac{4}{3} \frac{V}{V_0} - 20).$$

$dQ_{23} > 0$  при  $V > 15 V_0$  не удобн. по-бу (7)  $\Rightarrow dQ_{23} < 0$ .

•  $dQ_{31} = \frac{3}{2} V dP > 0$  на всем участке 3→1 на всем участке 2→3

$$Q_{31} = \frac{3}{2} p_0 \cdot 6 V_0 = 36 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{12 p_0 V_0}{36 p_0 V_0 + 272 p_0 V_0} = \frac{6}{154} = \frac{3}{77}.$$

Ответ: 1)  $\frac{3}{2}$ ; 2)  $\frac{16}{9}$ ; 3)  $\frac{3}{77}$ .

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.

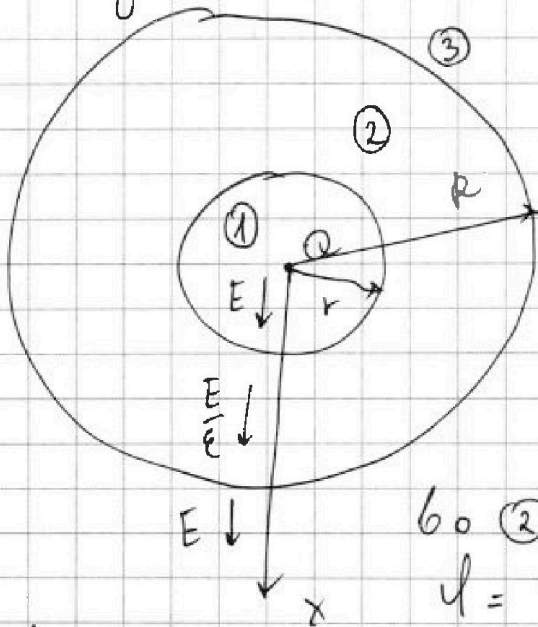


1  2  3  4  5  6  7

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!

Видно, что электр. поле ~~уменьшается~~ напряжённость поле ~~уменьшается~~ ~~в~~ ~~раз.~~  
тогда:



$$E = \frac{kQ}{x^2}$$

$$\Delta\varphi = \int E dx$$

$\varphi_y$  - потенциал в центре шара;

Рассчитаем как зависит потенциал от координаты в ① области:

$$\varphi = \varphi_y - \frac{kQ}{x} \quad 0 \leq x \leq r$$

$$\varphi(r) = \varphi_y - \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi = \varphi(r) - \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{\epsilon r} \quad r < x \leq R$$

$$= \varphi_y - \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon r} - \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\varphi(R) = \varphi_y - \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R}$$

в ③ области:

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

$$\varphi(\infty) = 0 \Rightarrow \varphi_y = \frac{kQ(\epsilon-1)(R-r)}{R\epsilon}$$

тогда

$$\varphi = \begin{cases} kQ \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{R-r}{R} - \frac{1}{x} \right), & \text{при } 0 < x < r \\ kQ \left( \frac{\epsilon-1}{\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon x} \right), & \text{при } r < x < R \\ -\frac{kQ}{x}, & \text{при } x \geq R \end{cases}$$

$$1) \quad \text{a) при } r > \frac{11}{12} R: \quad \varphi = kQ \frac{11(\epsilon-1)(R-r) - 12r\epsilon}{11\epsilon R} = kQ \frac{11\epsilon R - 11R + 11r - 23\epsilon r}{11\epsilon R}$$

$$b) \quad \text{при } r < \frac{11}{12} R: \quad \varphi = kQ \frac{11 - 11\epsilon - 12\epsilon}{11\epsilon R} = kQ \frac{-11\epsilon - 1}{11\epsilon R}$$





На одной странице можно оформить 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 на одной задаче, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\psi\left(\frac{R}{3}\right) = KQ \left( -\frac{9-1}{\varepsilon R} - \frac{1}{\varepsilon R \cdot 3} \right) = KQ \left( \frac{-\varepsilon-2}{\varepsilon R} \right) = 6\%_0$$

$$\psi\left(\frac{2R}{3}\right) = KQ \left( -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R} - \frac{3}{2\varepsilon R} \right) = KQ \frac{-2\varepsilon-1}{2\varepsilon R} = 5\%_0$$

$$\frac{\psi\left(\frac{R}{3}\right)}{\psi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{6}{5} = \frac{-\varepsilon-2}{-\varepsilon-0,5}$$

$$6\varepsilon - 15 = 5\varepsilon - 20 \quad -6\varepsilon - 3 = -5\varepsilon - 10$$

$$\varepsilon = 5$$

$$\varepsilon = 7$$

Ответ: 1) а)  $r \geq \frac{11}{12} R$ :  $\psi = KQ \frac{\varepsilon(11R-23r) - 11(R-r)}{11\varepsilon R}$

б)  $r < \frac{11}{12} R$ :  $\psi = -KQ \frac{11\varepsilon + 1}{11\varepsilon R}$

2)  $\varepsilon = 7$

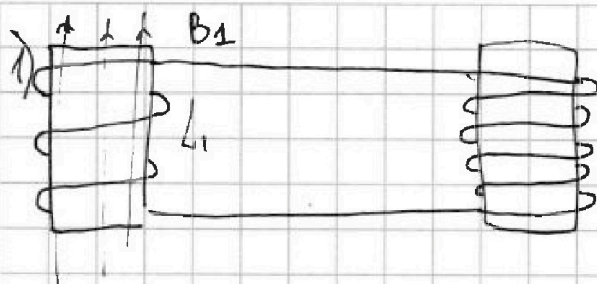


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$I$  - ток текущий в катушках.  
 $\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad S = 2S$   
 $\mathcal{E}_i = L_2 \dot{I} + L_1 \dot{I} \Rightarrow I = \frac{42S}{13}$

$$\mathcal{E} = S \cdot \left( \frac{dB_1}{dt} - \frac{dB_2}{dt} \right) = - (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$I = \frac{S}{L_1 + L_2} \cdot \left( \left( 4 - \frac{8}{3} \right) B_0 - \left( B_0 - \frac{3}{4} B_0 \right) \right) = \frac{42S}{13L} \cdot \frac{48 - 32 - 12 + 9}{12} B_0 =$$
$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{B_0 S}{L}$$

Ответ:  $I = \frac{42S}{13}$   
 $I = \frac{1}{3} \cdot \frac{B_0 S}{L}$



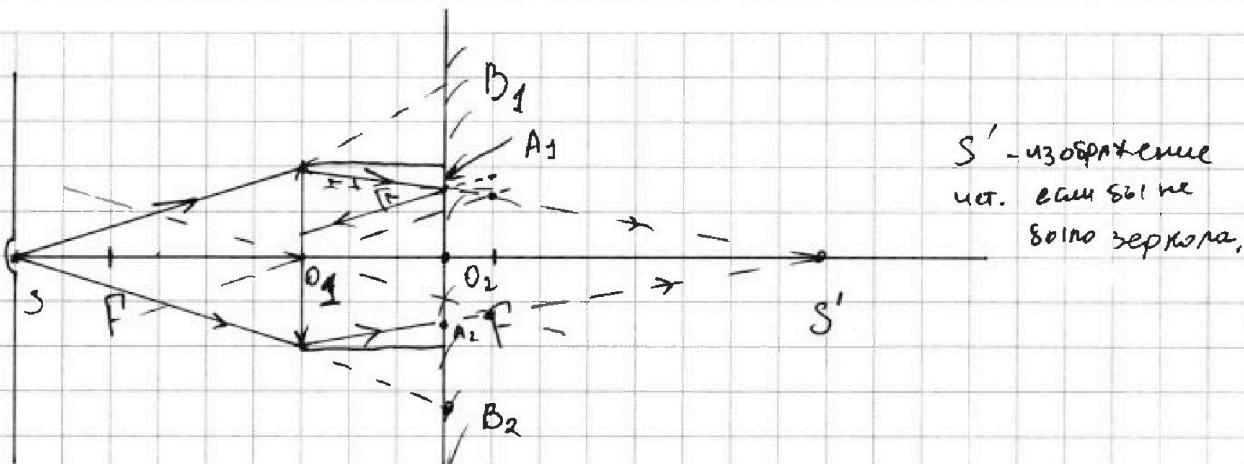


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$S'$  - изображение  
ист. если  $S$  не  
было зеркала.

1) Рас-ши крайние лучи (они определяют границу осв. части зеркала, они пересекают зеркало в т.  $A_1$  и  $A_2$ )  
Рас-ши первые лучи (самые близкие к  $\Gamma O O$ ) которые

не преобладают (проще говоря линза), лучи  $S B_1$  и  $S B_2$ .

Тогда наименьшей частью зеркала будет кольцо

Заряд



Найдём  $O_2 A_1$  и  $O_2 B_1$ :  
Из подобия:

$$O_2 A_1 = r \cdot \frac{O_1 S' - l}{O_2 S'}$$

$$O_2 B_2 = r \cdot \frac{h+l}{h} = r \cdot \left(1 + \frac{l}{h}\right) = r(1 + 0,5) = 6 \text{ см}$$

Из ф-лы тонкой линзы:  $O_1 S' = \frac{h \cdot F}{h - F} = \frac{2}{5 \cdot \frac{1}{5}} h = 2h$

$$O_2 A_1 = r \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 2}\right) = \frac{3}{4} r = 3 \text{ см}$$

$$S = \pi r^2 (1,5^2 - 0,75^2) = \pi (36 \text{ см}^2 - 9 \text{ см}^2) = 27 \text{ см}^2 \pi$$

$$O_2 S' = O_1 S' - l = 2h - \frac{h}{2} = 1,5h$$



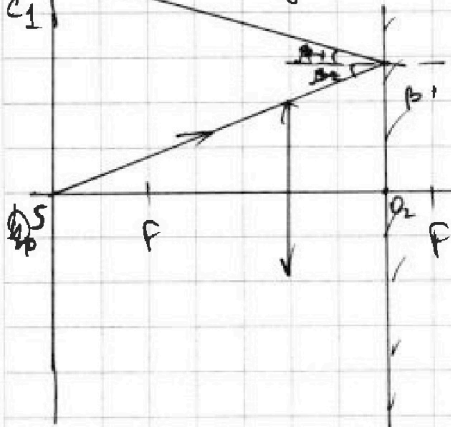
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

2) Рас-шии лучи непопадающие на линзу:



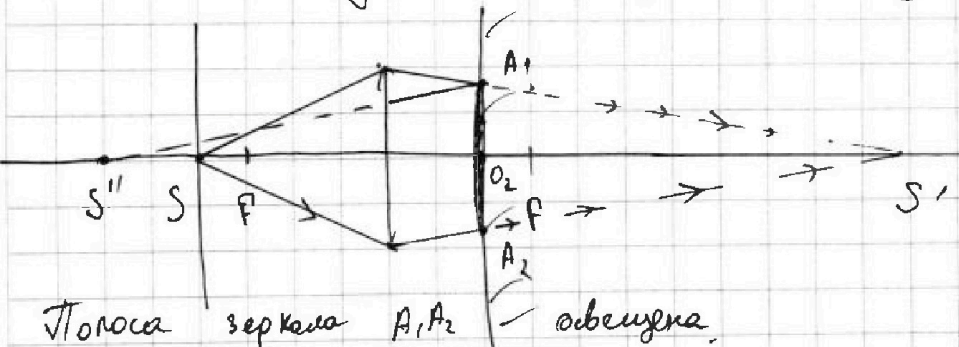
$$\beta_1 = \beta_2 \text{ (УГОЛ падения = УГЛУ ОТРАЖ.)}$$

Т.е область стержня находящаяся выше  $S_1$  освещена

найдём  $SC_1$ :

$$SC_1 = 2 O_2 B_1 = 3F = 12 \text{ см.}$$

Рас-шии лучи проходящие через линзу:



Плоска зеркала  $A_1, A_2$  — освещена.

$S''$  — изображение  $S'$ ,  $O_2 S'' = O_2 S'$ , из зеркала лучи выходят нацелившись на  $S''$  (где линза  $S''$  линзы  $S'$  и т.д.) тогда  $\varphi$ -на тонкой линзы:

$$\frac{1}{-O_2 S''} + \frac{1}{O_2 S'} = \frac{1}{F} \Rightarrow O_2 S''' = \frac{F \cdot O_2 S' - e}{F + O_2 S' - e}$$

$$= \frac{\frac{2}{3} \cdot h}{\frac{2}{3} + 1} = \frac{2}{5} h = 0,4h$$

$$O_2 S''' \equiv b_0$$

$$\text{из подобия } R = O_2 A_1 \cdot \frac{h - b_0}{b_0} = 3 \text{ см} \cdot \frac{3}{2} = 4,5 \text{ см.}$$

$$\text{площадь освещ. части стержня около } \odot: S = \pi (144 \text{ см}^2 - 20,25 \text{ см}^2) = 123,75 \pi$$

Ответ:  $27 \text{ см}^2 \pi$ ;  $123,75 \text{ см}^2 \pi$



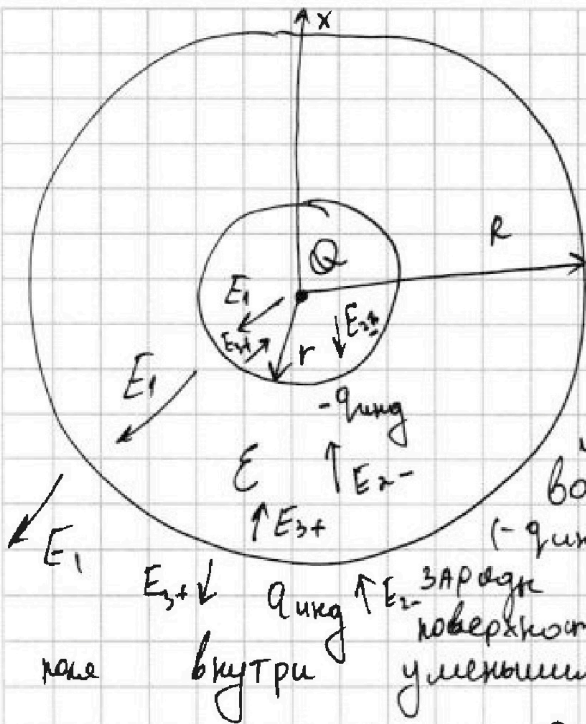
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$\varphi = \int E dx \quad \varphi = \int E dx$$

$$d\varphi = \int E(r) \cdot dx$$

при  $x \leq r$ :  $E(x) = \frac{kQ}{x^2}$

при  $x$

Из-за электрической проницаемости шара в нём (на его поверхности) возникают заряды  $q_{ind}$  и  $(-q_{ind})$ . Вследствие них эти заряды распределяются равномерно вдоль поверхности шара, так чтобы напряжённость поле внутри уменьшилась в  $\epsilon$  раз, тогда:

• где определённости  $Q > 0$ ,  $q_{ind} > 0$

$E_1, E_2, E_3$  - напряжённость поле создаваемая зарядом

$Q, -q_{ind}, +q_{ind}$

а) при  $0 < x \leq r$ :

$$E_1 = \frac{kQ}{x^2}$$

$$E = \frac{kQ}{x^2}$$

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + E_3 \rightarrow E_{\Sigma}$$

$$E_1 = \frac{kQ}{x^2}$$

$$E_{2-4} = \frac{kq_{ind}}{r^2}$$

$$E_{3+} = \frac{kq_{ind}}{R^2}$$

$$E_{\Sigma} = k \left( \frac{Q}{x^2} + q_{ind} \left( \frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right) \right)$$

$\varphi = \varphi_y - \frac{kQ}{x} + q_{ind} \frac{(R^2 - r^2)x}{R^2 r^2}$

$\varphi_y$  - потенциал в y. шара



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!

1) Поток в катушках не изменится, т.е.

$$d\Phi_1 + d\Phi_2 = 0$$

$d\Phi_1$  - изменение потока в катушке  $L_1$

$d\Phi_2$  - изменение потока в катушке  $L_2$ .

$$d\Phi_1 = \frac{dB}{dt} S$$

$$d\Phi_1 = -\frac{dB}{dt} S + L_1 |\dot{I}|$$

$$d\Phi_2 = -L_2 |\dot{I}|$$

$$2S + L_1 |\dot{I}| - L_2 |\dot{I}| = 0$$

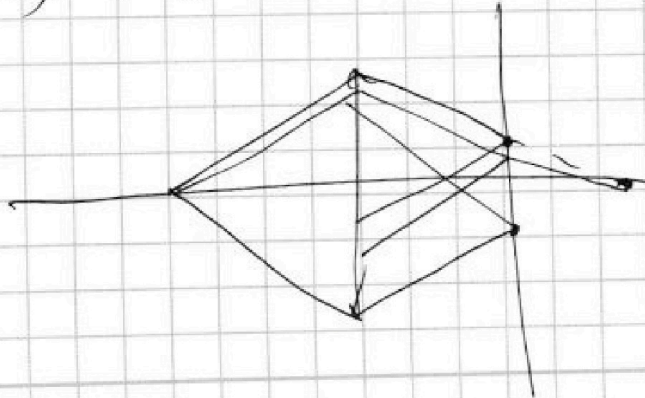
$$|\dot{I}| = \frac{2S}{L_2 - L_1} = \frac{4 \cdot 2S}{5}$$

2) 3-й закон сохранения потока в катушках:

$$-\frac{dB}{dt} S + L_1 \dot{I} +$$

$$6^2 - 5^2 =$$

$$(3 \cdot 2)^2 - 3^2 = 3^2 \cdot 3$$







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!

в)  $r < x \leq R$

$E_{\text{св}} = E_1 - E_{3+} - E_2$ , где  $E_{\text{св}} = \frac{E_1}{\epsilon}$

$E_1 = \frac{kQ}{x^2}$   
 $E_{3+} = \frac{kq_{\text{инг}}}{R^2}$   
 $E_2 = \frac{kq_{\text{инг}}}{x^2}$

$\frac{E_1}{\epsilon} = E_1 - E_1 \cdot \frac{R^2}{x^2} \cdot \frac{q_{\text{инг}}}{Q} - E_1 \frac{q_{\text{инг}}}{Q}$   
 $1 = \epsilon - \frac{q_{\text{инг}}}{Q} \left( \frac{R^2}{x^2} - 1 \right) - \frac{q_{\text{инг}}}{Q}$

$L = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} S$

$\left( \frac{d}{2l} + \frac{1}{2\pi} \right) = \frac{d}{2l} - \frac{d}{2l} = 0$

$\frac{-\epsilon - 2}{\epsilon R}$

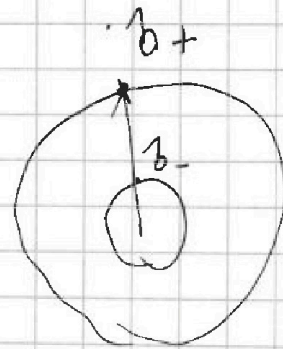
$\sqrt{\mu_0 \epsilon} = \frac{1}{c}$

$\frac{R_3 - \epsilon R_2 - R}{\epsilon R R_3}$

$4.5$   
 $\times 4.5$   
 $\hline 22.5$   
 $180$   
 $\hline 20.25$

$144$   
 $- 20.25$   
 $\hline 123.75$

$15$   
 $\sqrt{5} = 2.236$   
 $\sqrt{10} = 3.162$



$\frac{0.035}{2} = \frac{3}{20}$

$\frac{x - \epsilon x - R}{\epsilon R x}$

$d_0 = -\frac{kQ}{l}$

$\frac{R}{53}$

$\frac{15}{2.236}$

$\frac{15}{3.162}$

$\frac{19}{3}$

$\frac{10}{53}$

$\frac{R}{2} = \frac{d}{2} = 0$

кк



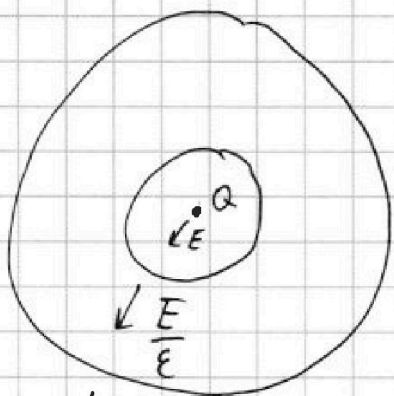
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Внутри диэлектрика инт. полед уменьшаются в  $\epsilon$  раз, тогда:



$$U = \int E dx$$

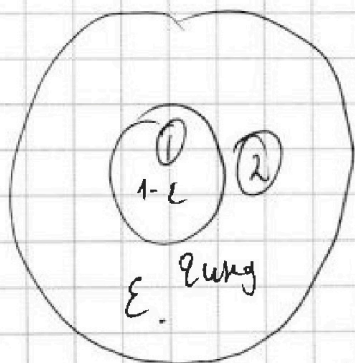
к у. потенциал  $\varphi_{cy}$ .

$$\varphi = \int_0^x \frac{kQ}{x^2} dx = -\frac{kQ}{x} + \varphi_y$$

при  $r < x \leq R$ :

$$\varphi = \varphi_y - \frac{kQ}{r} - \int_r^x \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \varphi_y - \frac{kQ}{\epsilon x} - \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi = \varphi_y - \frac{kQ}{\epsilon x} - \frac{(\epsilon-1)kQ}{\epsilon r} + \frac{kQ}{\epsilon r}$$



1-е)

$$E_1 = \frac{kQ}{x^2(1-\epsilon)}$$

$$E_2 = \frac{kQ}{x^2}$$

$$E_1' = \frac{kQ}{x^2 \epsilon}, E_2 = \frac{kQ}{x^2}$$

$$-\Delta \varphi_1 = kQ \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon r}$$

$$-\Delta \varphi_2 = kQ \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon r}$$

$$1) \frac{kQ}{x^2} \frac{1}{(1-\epsilon)\epsilon}$$

$$2) \frac{kQ}{x^2} \frac{1+\epsilon}{\epsilon}$$

$$3) \frac{kQ}{x^2} 1$$

Найдём

$$\varphi = \varphi_y - \frac{(\epsilon-1)kQ}{\epsilon r} - \frac{kQ}{\epsilon r} - \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{R}$$

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





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  
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!

*Handwritten mathematical work on grid paper:*

**Top right:**  $BdL = N$  (written vertically),  $17 - 21$

**Calculations:**

- $17 \times 5 = 85$
- $17 \times 3 = 51$
- $51 - 25 = 26$
- $26 \times 12 = 312$
- $312 + 52 = 364$
- $364 \div 2 = 182$
- $17 \times 25 = 425$
- $425 - 312 = 113$
- $113 \div 2 = 56.5$
- $56.5 + 17 = 73.5$
- $73.5 \times 17 = 1249.5$

**Bottom left:**

- $d_1 = \frac{3KQ}{\epsilon R}$
- $d_2 = \frac{3KQ}{2\epsilon R}$
- $d_1 = d_2 = d$
- $d = \frac{3KQ}{\epsilon R}$
- $d = \frac{3KQ}{2\epsilon R}$

**Diagrams:**

- Two circles representing spheres with charges  $+Q$  and  $-Q$ .
- A square with a circle inside, representing a dielectric slab.
- A circle with a central dot, representing a point charge.
- A circle with a central dot and arrows pointing outwards, representing an electric field.

**Equations:**

- $E = \frac{KQ}{(1+\epsilon)x^2}$
- $E = \frac{KQ}{\epsilon x^2}$
- $E = \frac{KQ}{x^2} \cdot \frac{1}{(1+\epsilon)\epsilon}$

**Other notes:**

- $\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon_0} - \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r}$
- $\epsilon = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{\epsilon_0 - \epsilon_0 \epsilon_r}$
- $\epsilon = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_r - 1}$
- $\epsilon = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_r - 1}$
- $\epsilon = \frac{\epsilon_r}{\epsilon_r - 1}$



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                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

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!

