



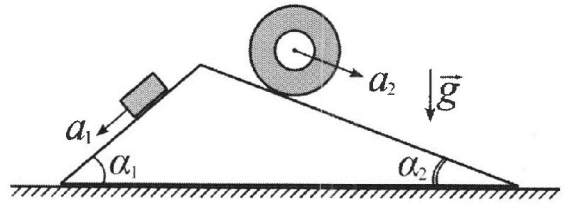
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

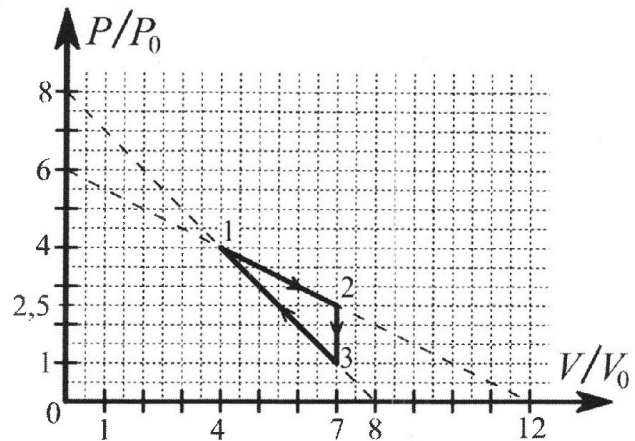


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

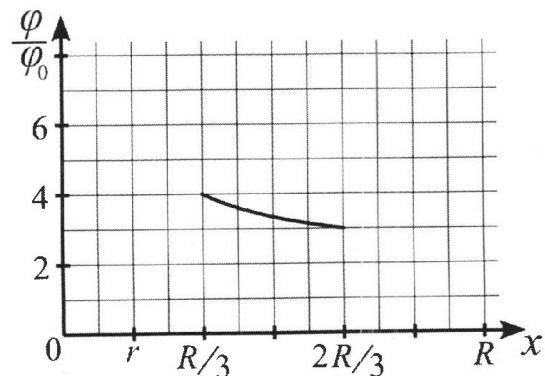
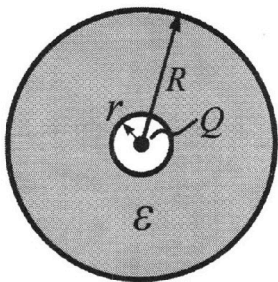


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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  $\epsilon$ .



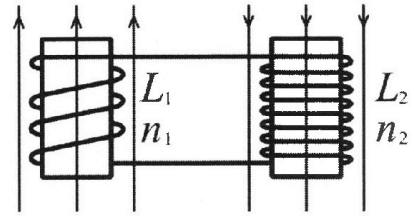
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

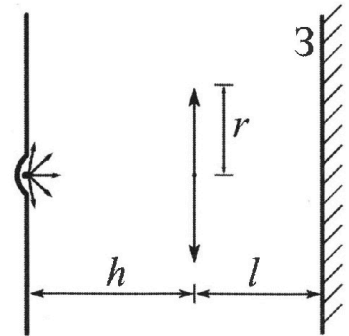


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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

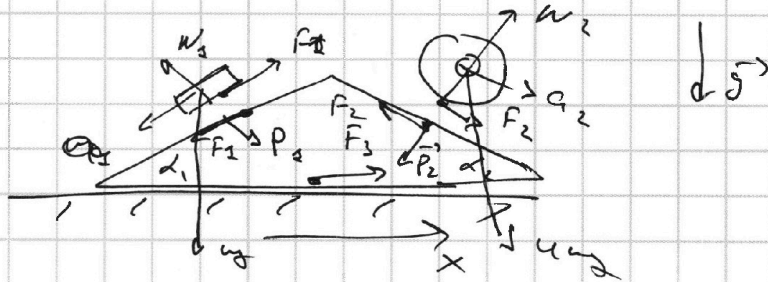


1  2  3  4  5  6  7

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!

$N \leq$   
 given:  
 $a_1, a_2, m, \alpha_1, \alpha_2$



Рассчитаем  
 силы, где  $F_1, F_2, F_3$  - силы сцепки

$N_1, N_2$  - силы реакции опоры  
 равные по модулю  $N_1$  и  $N_2$  соответственно

$F_1, F_2$  - силы сцепки  
 равные по модулю  $F_1$  и  $F_2$  соответственно

по 2-му закону Ньютона на ось  
 сонаправленные с ускорением  $a \perp$  ось

учитывая  $\left\{ \begin{aligned} m a_1 &= m g \sin \alpha_1 - F_1 \quad (1) \\ N_1 &= m g \cos \alpha_1 \quad (2) \end{aligned} \right.$

учитывая условие отсутствия проскальзывания  $\left\{ \begin{aligned} m g \cos \alpha_2 &= N_2 \quad (3) \\ F_2 &= 4 m a_2 \quad (4) \end{aligned} \right.$

Сила на ось  $Ox$ :  $F_3 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2 - F_3 = 0 \quad (5)$

(1)  $\Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m g \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} m g$

(2)  $\Rightarrow N_1 = \frac{4}{5} m g$  по условию

(3)  $\Rightarrow N_2 = \frac{12}{13} m g \Rightarrow (5) \left( \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{5}{6} \cdot \frac{12}{13} + \frac{12}{13} \cdot \frac{5}{13} \right) m g = F_3 \Rightarrow$

(4)  $\Rightarrow F_2 = \frac{5}{6} m g \Rightarrow F_3 = \left( -\frac{5}{13} \cdot \frac{4}{5} + \frac{10}{13} + \frac{12 \cdot 5}{13 \cdot 13} \right) m g = \frac{5}{13} m g \left( -\frac{4}{5} + 2 + \frac{12}{13} \right) =$   
 $= \frac{5}{13} m g \left( \frac{6}{5} + \frac{12}{13} \right) = \frac{30}{13} m g \left( \frac{1}{5} + \frac{2}{13} \right) = \frac{30}{13} m g \left( \frac{13+10}{65} \right) = \frac{28 \cdot 30}{13 \cdot 65} m g = \frac{138}{169} m g$

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{65} m g$   $F_2 = \frac{5}{6} m g$   $F_3 = \frac{138}{169} m g$

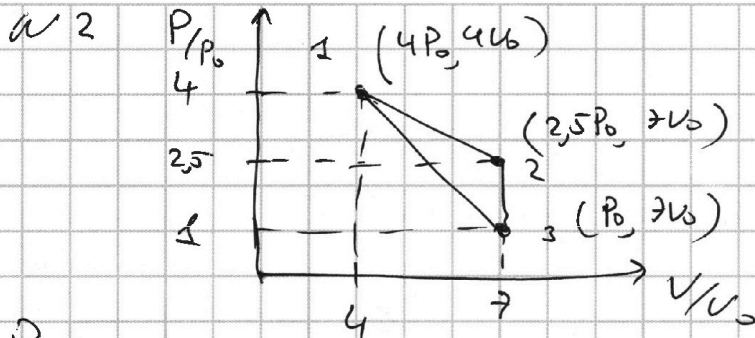


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



дано!  
i = 3

Решение

1) работа газа за весь цикл  $A = |A_{12}| - |A_{23}|$  так же  
 $A$  - это площадь  $\Delta 123$ ;  $|A_{i1}| = \left| \frac{P_i + P_1}{2} (V_i - V_1) \right| \rightarrow$   
 $\Rightarrow |A_{12}| = 3,25 P_0 \cdot 3V_0 = 9,75 P_0 V_0$   
 $\Rightarrow |A_{23}| = 2,5 P_0 \cdot 3V_0 = 7,5 P_0 V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow A = 2,25 P_0 V_0$ ;  $A_{23} = 0 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  из формулы для внутренней энергии

$$|Q_{23}| = \frac{i}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{3}{2} (7 P_0 V_0 - 2,5 \cdot 7 P_0 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} (1,5 \cdot 7 P_0 V_0) = \frac{9}{4} \cdot 7 P_0 V_0 = \frac{63}{4} P_0 V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\kappa_2 = \frac{|Q_{23}|}{|A|} = \frac{\frac{63}{4}}{\frac{9}{4}} = 7}$$

найдем уравнение прямой для процесса 1-2

$$\frac{P}{P_0} = \frac{6}{7} - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0} \Rightarrow P = \frac{6}{7} P_0 - \frac{1}{2} V \cdot \frac{P_0}{V_0}$$

из закона Менделеева - Клапейрона для процесса 1-2  
 $PV = \nu RT$  где  $\nu$  - кол-во вещества (постоянно в этом процессе),  $R$  - универс. газовая постоянная,  $T$  - температура

$\Rightarrow$  в точке 1:  $\nu RT_1 = 16 P_0 V_0 \rightarrow$  найдем уравнение

$$\Rightarrow \frac{T}{T_1} = \frac{PV}{16 P_0 V_0} = \frac{6 P_0 V - \frac{1}{2} P_0 V^2}{16 P_0 V_0} = \frac{3}{8} \frac{V}{V_0} - \frac{1}{32} \left( \frac{V}{V_0} \right)^2$$

$\frac{T}{T_1}(V)$  - нужно найти максимум функции на отрезке  $[4V_0, 7V_0]$   $\frac{T}{T_1}(V)$  - графиком

увн. парабола, ветви вниз  $\Rightarrow$  максимум  $\frac{3}{8} \frac{6V_0}{16V_0} = \frac{6V_0}{16V_0} = \frac{3}{8}$   
 все функции лежит в вершине  $V_{\text{верш}} = \frac{6V_0}{16V_0} = \frac{3}{8} V_0$   
 $\Rightarrow$  максимум  $PV$  будет



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!

$$\begin{aligned} &\approx P_x dV + \frac{3}{2} P_x dV + \frac{3}{2} V_x dP = \\ &= \frac{5}{2} \left( 0 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V_x \right) dV + \frac{3}{2} (V_x) \left( -\frac{P_0}{V_0} \right) dV = \\ &= 20 P_0 dV - \frac{5 P_0}{2 V_0} V_x dV + \frac{3 P_0 V_x}{2 V_0} dV = \\ &= \left( 20 P_0 - 4 \frac{P_0}{V_0} V_x \right) dV \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \left( 20 - \frac{4 V_x}{V_0} \right) P_0 \end{aligned}$$

Обращается в 0 в точке  $V_x = 5 V_0$

$\Rightarrow$  не учитывать  $[5 V_0; 7 V_0]$  так как нет

не учитывать  $[4 V_0; 5 V_0]$  так как нет

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q^+ &= Q_{12} + Q_{23} = \\ &= 3,25 P_0 V_0 - 2 P_0 V_0 + \frac{3}{2} (12,5 - 16) P_0 V_0 + \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  так как нет тепло не на всем участке  $[3 V_0; 7 V_0]$  учитываем что  $Q_{13}$  только на  $[5 V_0; 7 V_0]$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q^+ &= Q_{12} + Q_{23} + Q_{13} = \\ &+ \frac{1}{2} (16 - 7) P_0 V_0 = 9,75 P_0 V_0 + 2,25 P_0 V_0 - 7,5 P_0 V_0 + 13,5 P_0 V_0 = \\ &= 12 P_0 V_0 - 5,25 P_0 V_0 + 13,5 P_0 V_0 + 18 P_0 V_0 = \\ &= 38,25 P_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{2,25 P_0 V_0}{38,25 P_0 V_0} = \frac{9}{153} = \frac{1}{17} = 0,125 \text{ } \eta = 12,5\%$$

Ответ:  $\eta_1 = \left| \frac{\Delta U}{A} \right| = 7$   
 $\eta_2 = \left| \frac{T}{T_1} \right| = \frac{15}{16} = 0,9375$   
 $\eta = 12,5\%$

$$\begin{aligned} \Rightarrow 9,75 P_0 V_0 + 2,25 P_0 V_0 - 4 P_0 V_0 + 8 P_0 V_0 &= \\ &= (12 + 4) P_0 V_0 = 16 P_0 V_0 \Rightarrow \\ \eta &= \frac{A}{Q^+} = \frac{2,25 P_0 V_0}{16 P_0 V_0} = \frac{9}{64} \end{aligned}$$

Ответ:  $\eta_1 = \left| \frac{\Delta U}{A} \right| = 7$   
 $\eta_2 = \frac{15}{16}$   
 $\eta = \frac{9}{64}$



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

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

СТРАНИЦА  
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!

исходными  $P_1, V_1$  и  $P_2, V_2$  и процессу  
 процессу по  $V = 2V_0$   $\Rightarrow$   $P_2 = \frac{P_1}{2}$   $V_2 = 2V_1$   
 весь процесс  $P_1, V_1$  по  $P_2, V_2$  сверху  
 от  $V_1$  до  $V_2$   $\Rightarrow$   $\frac{P}{V} = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1)$  — это возмущающая  
 функция  $P(V)$   $\Rightarrow$   $P(V) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1)$   
 $\Rightarrow$   $k_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{P_1/2 \cdot 2V_1}{P_1 V_1} = \frac{1}{1} = 1$   
 $\Rightarrow$   $\frac{P}{V} = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1) = \frac{1}{V_1} (P_1 V_1)$   
 $\Rightarrow$  по  $1, 2$  процессу термобинами на участке  
 2-3 газ отдает тепло.

Наибольший на наших промежутках в 1-2 и  
 2-3 газ отдает тепло, а на наших промежутках

1-2:  $P = \frac{P_0}{2V_0} V, V \Rightarrow dP = -\frac{P_0}{2V_0^2} V dV = -\frac{P}{V} dV$  — манометр

— изменение от точки  $P_x, V_x$  на  $dP, dV$   
 тогда  $\Delta Q = A + \Delta U \Rightarrow$

$\Delta Q = \left( P_x + \frac{dP}{2} \right) dV + \frac{3}{2} \left( (P_x + dP)(V_x + dV) - P_x V_x \right)$  примедем 2м порядком малости

$\approx P_x dV + \frac{3}{2} V_x dP + \frac{3}{2} P_x dV = \frac{5}{2} P_x dV + \frac{3}{2} V_x dP$

$= \frac{5}{2} \left( \frac{P_0}{2V_0} - \frac{P_0}{2V_0} \frac{V_x}{V_0} \right) dV + \frac{3}{2} V_x \cdot \frac{P_0}{2V_0} dV =$

$= \frac{5}{2} P_0 dV - \frac{5P_0}{4V_0} V_x dV + \frac{3P_0}{4V_0} V_x dV = \frac{5}{2} P_0 dV - \frac{2P_0}{4V_0} V_x dV =$

$= \left( \frac{5}{2} P_0 - \frac{2P_0 V_x}{4V_0} \right) dV \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{5}{2} P_0 - \frac{2P_0 V_x}{4V_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow$  на всем процессе 1-2  $\frac{\Delta Q}{\Delta V} > 0 \Rightarrow$  газ

получает тепло

1-3:  $P = \frac{P_0}{V_0} V \Rightarrow dP = \frac{P_0}{V_0} dV$  — манометр

манометр изменение  $dP, dV$  от точки  $P_x, V_x$

$\Delta Q = A + \Delta U \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta Q = \left( P_x + \frac{dP}{2} \right) dV + \frac{3}{2} \left( (P_x + dP)(V_x + dV) - P_x V_x \right)$  примедем 2м порядком малости



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!

3. дано:  $r, R, \varphi, \varepsilon$  решение:  
потенциал в т.  $R/4$

можно найти как +  $\varphi_{R/4}$  (если бы все было замкнуто диэлектриком)

-  $\varphi(r)$  (в центре потенциала точки которой в реальности не замкнута диэлектриком) +  $\varphi(r)$  (добавить для соблюдения непрерывности потенциалов)

группировка

$$R_x \in [r, R] \quad \varphi(R_x) = \varphi(r) + \frac{\varphi(R_x) - \varphi(r)}{2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R_x} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{1}{R_x} - \frac{1}{r} + \frac{r}{r} \right)$$

из формул  $\varphi = \int E dr$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{1}{R_x} - \frac{1}{r} + \frac{r}{r} \right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{1}{R_x} + \frac{r-1}{r} \right)$$

где  $R_x = R/4$

$$\varphi_{(R/4)} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{4}{R} + \frac{r-1}{r} \right)$$

подставим в формулу  $R_x = R/3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi(R/3) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{R} + \frac{r-1}{r} \right) \text{ при этом}$$

$$\frac{\varphi(R/3)}{4\pi\varepsilon_0} = 4 \text{ (из графика)} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\varphi(R/3)}{4} = \frac{Q}{16\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{R} + \frac{r-1}{r} \right)$$

подставим  $R_x = \frac{2R}{3}$

$$\varphi(2R/3) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{2R} + \frac{r-1}{r} \right) \text{ при этом } \frac{\varphi(2R/3)}{\varphi_0} = 3$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{\varphi(2R/3)}{3} = \frac{Q}{12\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{2R} + \frac{r-1}{r} \right)$$

подставим ур-е (1) в ур-е (2)

$$\frac{Q}{16\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{R} + \frac{r-1}{r} \right) = 4 \frac{Q}{16\pi\varepsilon_0} \left( \frac{3}{2R} + \frac{r-1}{r} \right)$$

$$\frac{1}{2R} + \frac{r-1}{3r} = \frac{3}{4R} + \frac{r-1}{4r} \Rightarrow \frac{r-1}{12r} = \frac{1}{4R} \Rightarrow r-1 = \frac{3r}{R} \Rightarrow$$



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!

$$\xi = \frac{3\xi + R}{R}$$

Ответ

$$Q(R/4) = \frac{Q}{40888} \left( \frac{4}{R} + \frac{\xi-1}{\xi} \right)$$

$$\xi = \frac{3\xi + R}{R}$$





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  
5 ИЗ 5

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!

4 задачи

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 4L$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 2n$$

Решение:  
1) Когда поле вне катушки  $I$  не может изменяться то в  $K_1$  возникает  $\Sigma$  самоиндукции и тогда вна по полю  $B_1 \rightarrow 0$ , то в катушке появится ток  $I$  такой, что.

$$\dot{I} (L_1 + L_2) = \Sigma s \cdot \dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot S_1 = \alpha \cdot S_1 n$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{\alpha S_1 n}{L_1 + L_2}} = \frac{\alpha S_1 n}{5L}$$

2) При изменении полей  $I_1$  и  $I_2$  возникнет  $\Sigma$  самоиндукции, а в катушках появятся ток, такой, чтобы.

$$\frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = \Sigma s \cdot \dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot S_1 + \frac{dB_2}{dt} \cdot 2S_1$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{S_1 n}{L_1 + L_2} \left( \frac{dB_1}{dt} + 2 \frac{dB_2}{dt} \right)$$

проинтегрируем по времени, получим.

$$(I_k - I_0) = \frac{S_1 n}{L_1 + L_2} (B_{1\text{нач}} - B_{1\text{кон}} + 2(B_{2\text{нач}} - B_{2\text{кон}}))$$

$$I_0 = 0 \quad (\text{в начале ток} = 0)$$

используем ток  $\rightarrow I_k = \frac{S_1 n}{L_1 + L_2} \left( \frac{B_0}{2} + 2 \left( 2B_0 - \frac{2}{3}B_0 \right) \right)$

$$I_k = \frac{S_1 n}{L_1 + L_2} \left( \frac{19}{3} B_0 \right) = \frac{19 S_1 n B_0}{3(L_1 + L_2)} = \frac{19}{15} \cdot \frac{S_1 n B_0}{L}$$

Ответ: 1)  $I = \frac{\alpha S_1 n}{5L}$

2)  $I = \frac{19}{15} \frac{S_1 n B_0}{L}$

\* — увеличивается по времени  $\frac{dI}{dt}$ , но ток тем в 0 в момент времени не течет т.к. катушка — инертный прибор



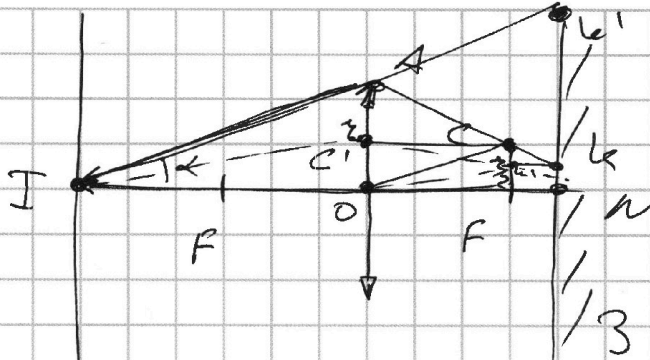
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

5



1) луч через Т.О проходит на противоположные

2) крайний луч IA пойдет под углом  $\alpha$  ( $\tan \alpha = \frac{2}{3}$ )  $\Rightarrow$  для построения оси лучи проведем параллельную прямую  $k$ , проходящую через Т.О.

эта прямая пересечет прямую  $AK$  в точке  $C$  и  $IK$  в точке  $C'$ .  $\Rightarrow AC \cap k = C$  и  $AK \cap k = C'$  из подобия  $\Rightarrow k \cap k' = \frac{2}{2} - \frac{2}{3} = \frac{2}{3}$

продлим  $IA \cap k' = k' \Rightarrow \Delta IAO \sim \Delta IK'O$   
 $k' \cap k = \frac{5}{3} \Rightarrow$  по св-ву собирающей линзы

линзы Если провести лучи симметрично  $IA$  и  $IK'$ , в другой полуплоскости от главной оптической оси, то получится такое же изображение на линзе, такое по св-ву собирающей линзы любой луч который выйдет из Т.О и попадет на отрезок  $AO$  после преломления попадет на отрезок  $k \cap k' \Rightarrow$

$\Rightarrow$  зона вне окружности с  $R = k' \cap k$

будет освещена от лампы

зона с  $R' = k \cap k'$  будет освещена

преположительными лучами, а освещенная

зона между окружностями с  $R$  и  $R'$  останется

в тени  $\Rightarrow$

$$S_{\text{тени}} = \pi R^2 - \pi R'^2 =$$

$$= \frac{25}{9} \pi r^2 - \frac{1}{9} \pi r^2 = \frac{24}{9} \pi r^2 = 24 \pi \text{ см.}$$

$$S_{\text{тени}} = 24 \pi \text{ см.}$$



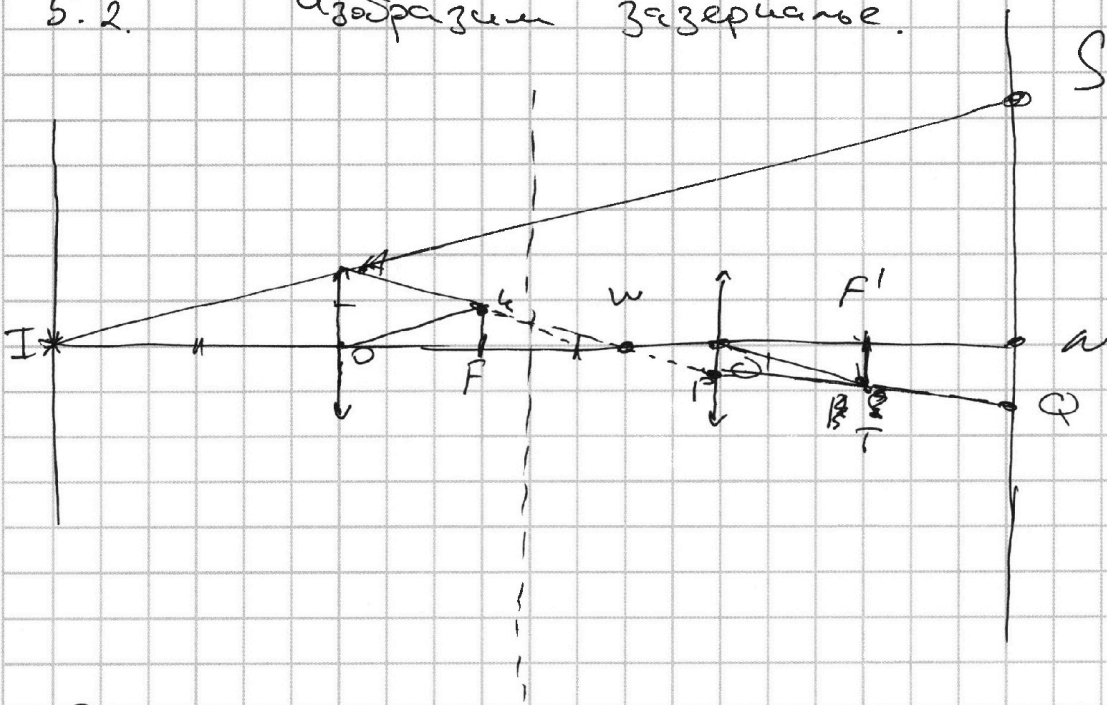
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

5.2. Изобразим зеркала.



Поскольку лампочка не может осветить стену напрямую, то площадь не освещенной части стены в зеркале будет равна площади не освещенной части стены.

такая же длина пути  $IS \triangleq SA \rightarrow AI \rightarrow AO \rightarrow I$   
 $\Rightarrow SA \leq \frac{10}{3}r$  и все что вне окружности с  $R = SA$  будет освещено. Пусть прямой луч через точку  $IA$  тогда преломленный луч пройдет через  $T$  (по построению из пред. пункта) причём  $KF = \frac{r}{2} \Rightarrow$  луч  $AK$  пересечет стену в  $T$ .  $P$ ; т.ч.  $O'P = \frac{4r}{3}$  (а  $W = IK \cap KO$  из подобия  $\triangle KFA$  и  $\triangle WO'P$ ) проведем через  $O'$  прямую  $c \parallel WP$  тогда  $TF' \perp AI$   $TE \subset c$   
 $\Rightarrow TF' = \frac{r}{2} \Rightarrow PT \cap SN = Q$   
 и  $(F'T - O'P) : (AQ - FT) = WF' : F'W = 1 : 1 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow MQ = \frac{2}{3}r$  аналогично по св-ву симметричности линии все внутри окружности с радиусом  $\frac{2}{3}r$  будет освещено и преломленные лучи не осветят больше ничего



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!

$$2) S_{\text{стен}} = \pi R^2 - \pi r^2$$

$$2 \frac{100 \pi r^2}{9} - \frac{4 \pi r^2}{9} = 96 \pi \text{ см}$$

Ответ: 1)  $S_{\text{стен}} = 24 \pi \text{ см}$

2)  $S_{\text{стен}} = 96 \pi \text{ см}$ .



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!

$F_T = 4mg \cos \alpha_2$   
 $F_T = 4ma_2$   
 $mg \cos \alpha_2 = ma_2$   
 $a_2 g = \frac{g}{2}$

$\sin \left( \frac{\alpha_2}{2} \right) = \frac{x}{R}$   
 $\cos \left( \frac{\alpha_2}{2} \right) = \frac{y}{R}$

$\Sigma = \frac{g}{2}$   
 $\frac{F}{m}$



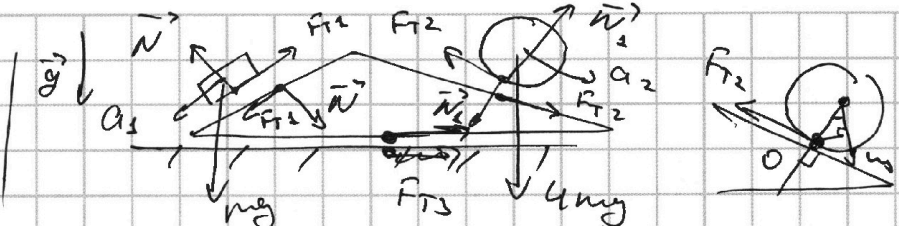
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$N \downarrow$   
 $g \sin \alpha$ :  $a_1 = \frac{5g}{13}$   
 $a_2 = \frac{5g}{24}$   
 $m, \alpha_1, \alpha_2$



Решение: 1) расставим силы

$N, N_2$  - силы реакции опоры на грузы и соответственно силы трения,  $F_{T1}, F_{T2}$  - силы трения.

Возьмем 2х закон Ньютона для груза и цилиндра на ось ускорения и на ось  $\perp$  ускорения

для груза: 
$$\begin{cases} ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{T1} & (1) \\ N = mg \cos \alpha_1 & (2) \end{cases}$$

цилиндр движется без проскальзывания  $\Rightarrow$

условие отсутствия проскальзывания  $\Rightarrow$   $T.O. - M \dot{=} R \Rightarrow \gamma R (4)$

$$\begin{cases} ma_2 = mg \sin \alpha_2 & (3) \\ F_{T2} = mg \cdot r \sin \alpha_2 & (4) \\ N_2 = 4mg \cos \alpha_2 & (5) \end{cases}$$
 где  $r$  - радиус цилиндра

или получим  $\Rightarrow$  по 2х закону Ньютона на  $\alpha_2$

$0 = F_{T1} \cos \alpha_1 - N \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_{T2} \cos \alpha_2 - F_{T3} & (6)$

(1)  $\Rightarrow F_{T1} = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} mg$

(2)  $\Rightarrow N = mg \cdot \frac{4}{5}$

(3)  $\Rightarrow mg \cdot \frac{5}{13} = 2mg \cdot \frac{5}{13}$   $\Rightarrow$  подставим в (6)

(4)  $\Rightarrow F_{T2} = \frac{5}{13} mg$

(5)  $\Rightarrow N_2 = \frac{4g}{13} mg$

$0 = \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{65} mg - \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} mg + \frac{5}{13} \cdot \frac{4g}{13} mg - \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} mg - F_{T3} = ?$

$$F_{T3} = mg \left( \frac{56}{25 \cdot 13} - \frac{12}{25} + \frac{240}{13 \cdot 13} - \frac{60}{13 \cdot 13} \right) = mg \left( \frac{3200}{169} \right) = \frac{126}{169} mg$$

Ответ:  $F_{T2} = \frac{14}{13} mg, F_{T3} = \frac{126}{169} mg$

25 12  
180 13  
2000 36  
25 12  
4500 156  
-4500  
1300 3200



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.

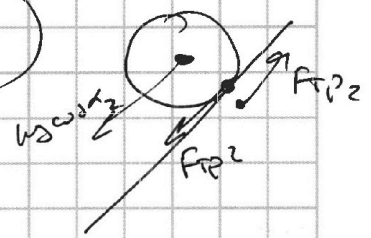
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

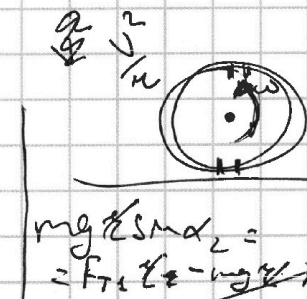
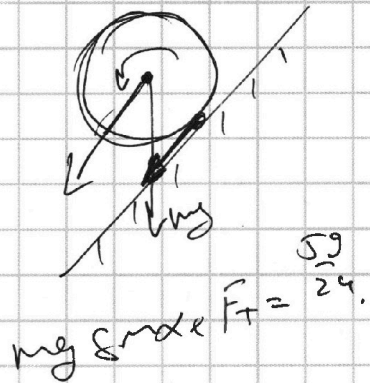
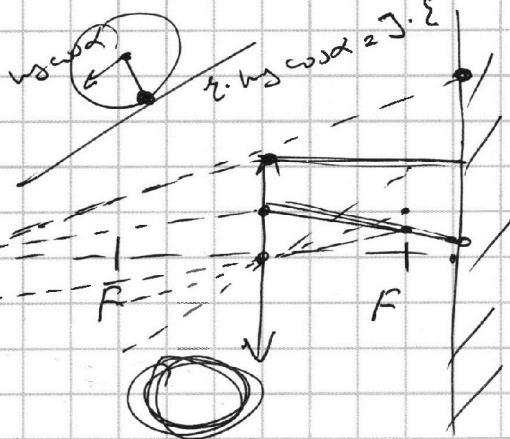
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{dI}{dt} = \dot{I} = \frac{1}{5L} \left( \frac{dB_1}{dt} \cdot 2Sn + \frac{dB_2}{dt} \cdot 2S(10) \right)$$

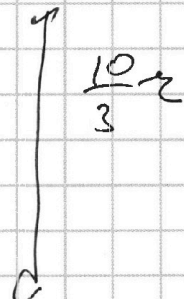
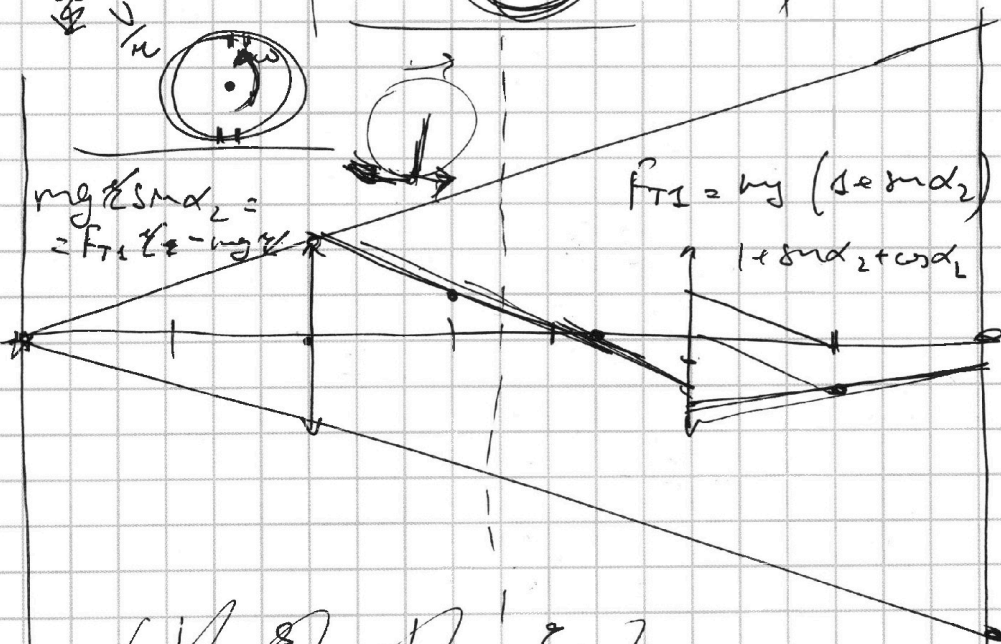
$$(I - I_0) = \frac{1}{5L} \left( (B_1 - B_{10}) Sn + \right)$$



$$\varphi = \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$



$$F_{T1} = m * g \cdot (1 + \sin(\alpha))$$



$$\left( \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(R_x - r)} \right)$$

$$= \frac{Q}{40\pi\epsilon_0 r} \left( \frac{R_x^2 - r^2}{R_x} \right) = \frac{Q}{40\pi\epsilon_0 r} \cdot \frac{R_x(R_x + r)}{R_x} = \frac{Q}{40\pi\epsilon_0 r} \cdot (R_x + r)$$

$$\left( \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(R_x - r)} \right)$$

$$\varphi = \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{40\pi\epsilon_0} \cdot Q \left( \frac{1}{R_x} - \frac{1}{r} \right) = \frac{Q}{40\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} + \frac{r - R_x}{R_x r} \right)$$

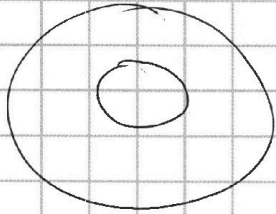


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} + \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_0} \left( \frac{1}{R_x} - \frac{1}{r} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r R_x} \left( (\epsilon - 1) R_x + r \right)$$

$$\varphi(R_x) = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \left( r + \frac{R}{4} \right) r} \left( (\epsilon - 1) \left( \frac{R}{4} + r \right) + r \right) =$$

~~$$\frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0} \left( \frac{\frac{\epsilon}{4} R - r \epsilon - \frac{R}{4} + 2r}{\frac{Rr}{4} - r^2} \right) =$$~~

~~$$= \frac{Q}{\pi \epsilon \epsilon_0} \left( \frac{\frac{\epsilon R}{4} - \epsilon r - \frac{R}{4} + 2r}{Rr - 4r^2} \right) =$$~~

$$= \frac{Q}{\pi \epsilon \epsilon_0} \left( \frac{\frac{R}{4} (\epsilon + 1) + r(2 - \epsilon)}{r(R - 4r)} \right)$$

$$= \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 \left( r + \frac{R}{4} \right) r} \left( \epsilon \left( r + \frac{R}{4} \right) - \frac{R}{4} \right) =$$

$$= \frac{Q}{\pi \epsilon \epsilon_0} \left( \frac{\frac{R}{4} (\epsilon - 1) + \epsilon r}{4\epsilon^2 r + Rr} \right)$$