



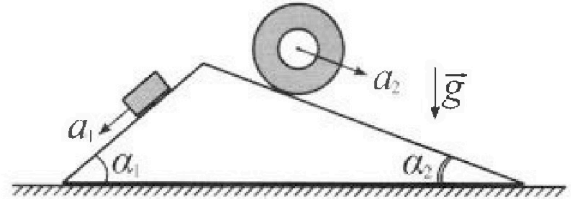
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

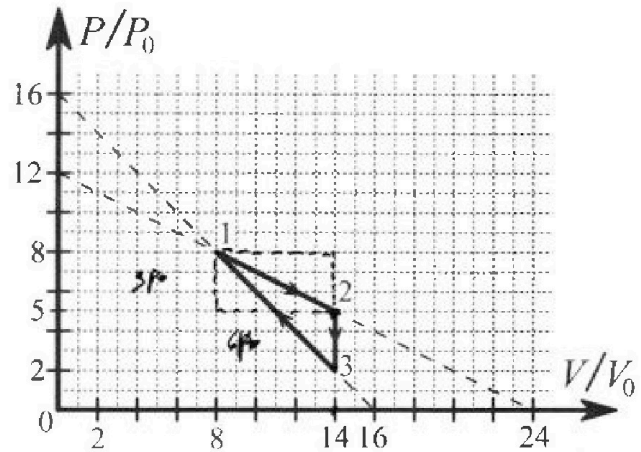
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). 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.

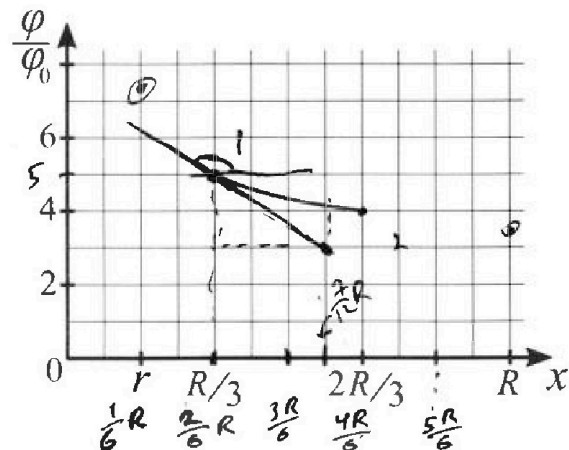
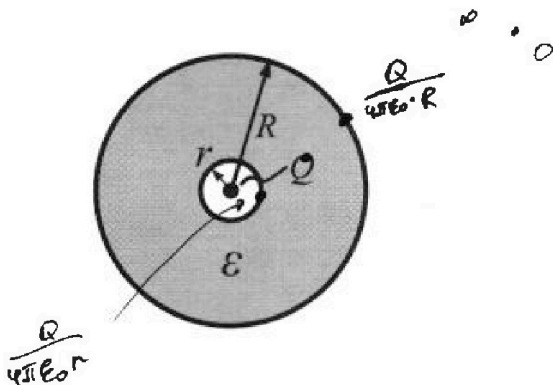


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





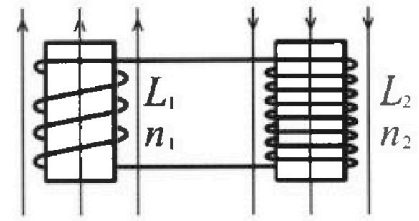
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

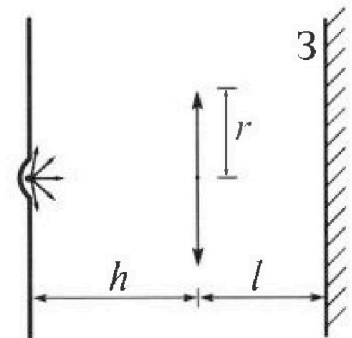


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = 2h/3$ расположено параллельно стене плоское зеркало $З$. 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



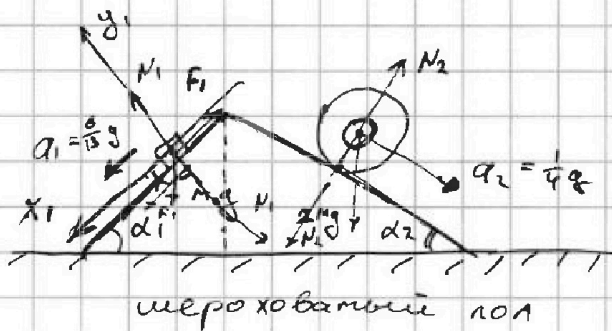
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

М1



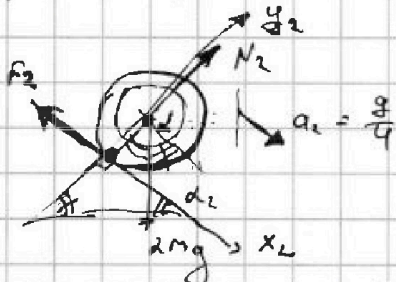
1) 2 3 И для бруска: $y_1: N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0 \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha_1$
т.к. брусок соскальзывает, то $F_1^N = -F_1$ (шла вправо)

$$x_1: mg \sin \alpha_1 - F_1 = m \cdot a_1 \Rightarrow F_1 = mg \sin \alpha_1 - m a_1 =$$

$$= mg \cdot \sin \alpha_1 - m \cdot \frac{6g}{13} = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{6}{13} = mg \left(\frac{3 \cdot 13 - 5 \cdot 6}{13 \cdot 5} \right) =$$

$$= \frac{9}{65} mg \Rightarrow F_1 = \frac{9}{65} mg$$

2) рассмотрим цилиндр. (движение без проскальзывания)



т.к. от движения у.м. где цилиндра,

$$x_2: 2mg \sin \alpha_2 + F_{2x} = 2m a_2$$

$$F_{2x} = 2m (a_2 - g \sin \alpha_2) =$$

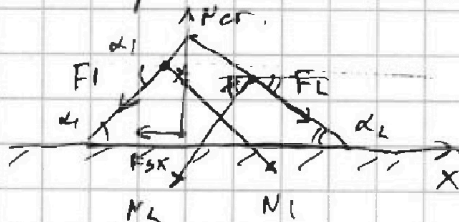
$$= 2m \left(\frac{g}{4} - g \cdot \frac{5}{13} \right) = -\frac{4}{26} mg$$

$$\Rightarrow |F_{2x}| = F_2 = \frac{4}{26} mg$$

$$y_2: N_2 = 2mg \cos \alpha_2$$

3) рассмотрим клин
3 3 И: $N_1 = N_2$; F_1, F_2 действуют на клин, но в противоположном направлении.

* клин в покое $\Rightarrow \vec{a}_{кл} = \vec{0}$



т.к. от движ. у.м. для клина:

$$x: -F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_{3x} = 0$$



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!

М1 (продолжение)

$$\begin{aligned} F_{3x} &= F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 = \\ &= \frac{9}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + mg \cdot \frac{6}{13} \cdot \frac{5}{13} - \frac{7}{26} mg \cdot \frac{726}{13} = \\ &= mg \left(\frac{36}{65 \cdot 5} - \frac{12}{25} + \frac{30}{13^2} - \frac{42}{13} \right) = mg \left(\frac{36}{13 \cdot 25} - \frac{12}{25} + \frac{30 - 42}{13^2} \right) = \\ &= mg \left(\frac{36 - 12 \cdot 73^2 - 12 \cdot 25}{13^2 \cdot 25} \right) = mg \left(\frac{468 - 2028 - 300}{13^2 \cdot 25} \right) = \\ &= -mg \cdot \frac{1860}{13^2 \cdot 25} = -mg \frac{372}{169 \cdot 5} = \left(-\frac{372}{845} mg \right) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow F_3 = |F_{3x}| = \frac{372}{845} mg$$

Ответ:

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{9}{65} mg \\ F_2 &= \frac{7}{26} mg \\ F_3 &= \frac{372}{845} mg \end{aligned}$$



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.

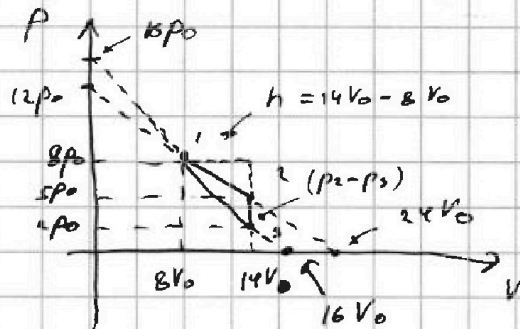
1 2 3 4 5 6 7

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!

N2

$$\begin{aligned} p_1 &= 8p_0; & V_1 &= 8V_0 \\ p_2 &= 5p_0; & V_2 &= 14V_0 \\ p_3 &= 2p_0; & V_3 &= 14V_0 \end{aligned}$$



1) $\frac{|\Delta U_{12}|}{A_z} = ?$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1)$$

Менг - Кл.

$$p_1 V_1 = DR T_1$$

$$p_2 V_2 = DR T_2$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (70 - 64) p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

$$A_z = S_{\text{плитца}} = \frac{1}{2} \cdot (14V_0 - 8V_0) \cdot (5p_0 - 2p_0) = 9 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A_z} = \frac{9 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = 1$$

2) $\frac{T_{\max}}{T_3} = ?$

рассмотрим процесс 1-2: $p(V) = \beta + \alpha V$

$$\Rightarrow p_2(V) = 12p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \cdot V$$

$$\beta = 12p_0$$

$$\alpha = \frac{dp_1}{dV_1} = \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1} = -\frac{3p_0}{6V_0} = -\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}$$

Менг - Кл.

$$(12p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot V) V = DR T \Rightarrow DR \cdot T(V) = 12p_0 V - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V^2$$

$$V^* = \frac{2 \cdot 12p_0}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0}} = 12V_0 \Rightarrow \text{при таком } V^* \text{ будет } T_{\max}$$

↑
вершина

$$\Rightarrow (12p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{6p_0}{V_0} \cdot 12V_0) \cdot 12V_0 = DR T_{\max}$$

$$42 p_0 V_0 = DR T_{\max}$$

М-Кл где 3: $p_3 V_3 = DR T_3 \Rightarrow 2p_0 \cdot 14V_0 = DR T_3$

$$\Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{42}{28} = \frac{18}{14}$$



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!

$$3) \eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\text{н}}}$$

1-начало термодинамики

$$A_i = \sum S_i \log \varphi_{\text{физиком}}$$

$$Q_{12} = \Delta Q_{12} + A_{12} = 3\rho_0 V_0 + \frac{1}{2}(8+5)\rho_0 \cdot 6V_0 = (3+3)\rho_0 V_0 = 48\rho_0 V_0 > 0$$

$$Q_{23} = \Delta Q_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}(p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{3}{2}(28\rho_0 V_0 - 40\rho_0 V_0) < 0$$

0, т.к. $V_2 < V_3$

$$Q_{31} = \Delta Q_{31} + A_{31} = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_3 V_3) - \frac{1}{2}(10\rho_0) \cdot 6V_0 =$$

$$= 54\rho_0 V_0 - 30\rho_0 V_0 = 24\rho_0 V_0 > 0$$

$$\Rightarrow Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{31} = (48 + 24)\rho_0 V_0 = 72\rho_0 V_0$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{3\rho_0 V_0}{72\rho_0 V_0} = \frac{1}{8}$$

Ответ:

- 1) $\frac{|\Delta Q_{12}|}{A_{\Sigma}} = 1$
- 2) $\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{16}{7}$
- 3) $\eta = \frac{1}{8}$

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.

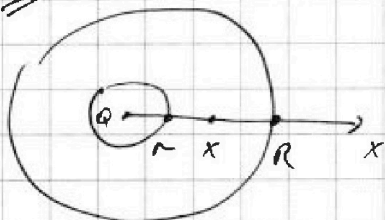


1 2 3 4 5 6 7

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!

1) NS



$$E(x) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x^2}, & x \in (0; r) \cup (R; +\infty) \\ \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x^2}, & x \in [r; R] \end{cases}$$

$$E(x) = -\frac{d\varphi}{dx} \Rightarrow \int d\varphi = \int E(x) dx$$

$$\Rightarrow \varphi_1 - \varphi = \int_{x_1}^x \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{x^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\Rightarrow \varphi = \left(\varphi_1 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_1} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x}$$

$$\varphi(x) = C + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x} \Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 5\varphi_0 = C + \frac{3}{4} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = 4\varphi_0 = C + \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_0 = \left(\frac{6-3}{8} \right) \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$C = 4\varphi_0 - \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{4 \cdot 3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} - \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{9}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\Rightarrow \varphi(x) = \frac{9}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x} = \frac{Q}{\pi\epsilon_0} \left(\frac{9}{8R} + \frac{1}{4x} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = \left(\frac{9}{8} + \frac{8 \cdot 3}{2} \right) \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \left(\frac{9}{8} + \frac{51}{10} \right) \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{45+12}{40} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = \frac{57}{40} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$2) \varphi(x) = 3\varphi_0 + \frac{1}{4} \frac{8^2}{3} \varphi_0 R \cdot \frac{1}{x} = \left[3\varphi_0 + \frac{2}{3} \varphi_0 \frac{R}{x} \right]$$

$$\frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{8}{3} \varphi_0 R$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 3\varphi_0 + \frac{2}{3} \varphi_0 R \cdot \frac{3}{R} = 5\varphi_0$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi'(x) = \frac{2}{3} \varphi_0 R \cdot -\frac{1}{x^2}$$

$\varphi'(x) = \text{tg } \alpha$. Проведём касательную в точке $\frac{R}{3}$



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

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!

$\varphi_0 \rightarrow$ ~~вне шара~~

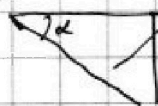
A $E(x) \rightarrow$ ~~вне шара~~

~~$\tan \alpha$~~

~~$\tan \alpha = \frac{2\varphi_0}{\frac{1}{4}R} = \frac{8\varphi_0}{R}$~~

A $(5\varphi_0; \frac{R}{3})$
 B $(3\varphi_0; \frac{7}{12}R)$ ← касательная пересекает в точке $\frac{R}{3}$

$\frac{\Delta \varphi}{\Delta x} = \frac{-2\varphi_0}{\frac{1}{4}R} = \frac{-8\varphi_0}{R}$



$\tan \alpha = \frac{2}{3}$

$\frac{4\varphi_0}{R} = \frac{2}{3}$

$\varphi_0 = \frac{R}{6}$

~~$\frac{5}{6} \frac{Q}{3\pi \epsilon_0 R}$~~

~~φ_1~~

2) $\frac{\varphi(\frac{R}{2})}{\varphi(\frac{R}{3})} = \frac{5}{4}$

~~$\varphi_{\text{вн}} = E\varphi$~~

~~$E = \frac{\varphi_{\text{вн}}(\frac{R}{2})}{\varphi(\frac{R}{2})} = \frac{6Q}{4\pi \epsilon_0 R}$~~

2) $\varphi_{\text{вн}} = E\varphi_2$
 дуга дуга

$E = \frac{\varphi_{\text{вн}}(\frac{R}{2})}{\varphi(\frac{R}{2})} = \frac{\frac{6Q}{4\pi \epsilon_0 5R}}{\frac{57Q}{40\pi \epsilon_0 R}} = \frac{6}{20} = \frac{6 \cdot 40 E}{57 \cdot 20}$

Ответ: 1) $\varphi(x) = 3 + \frac{2}{3} \frac{R}{x}$

$\varphi(x) = \frac{3}{8\pi \epsilon_0 R} Q + \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 x}$

$\varphi(\frac{5}{3}R) = \frac{57}{40} \frac{Q}{\pi \epsilon_0 R}$



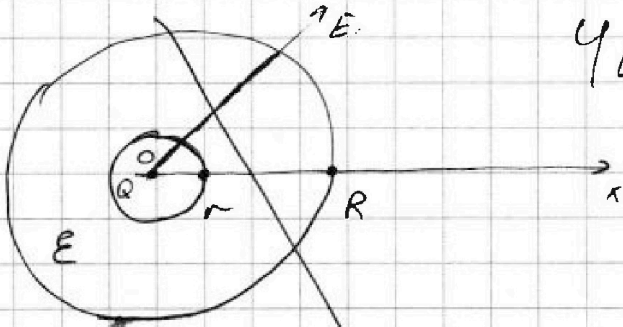
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
4 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)



ЧЕРНОВИК

$$E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$-d\varphi = E_x dx$$

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2}, \quad x \in (0; r) \cup (R; +\infty)$$

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2}, \quad x \in [r; R]$$

$$-\int_{\varphi^*}^{\varphi} d\varphi = \int_{x_0}^x \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \frac{dx}{x^2}$$

$$\Rightarrow \varphi^* - \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \left. -\frac{1}{x} \right|_{x_0}^x$$

$$\Rightarrow \varphi^* - \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{x} \right)$$

из графика $\rightarrow r = \frac{1}{6} R$

$$\varphi = -\varphi^* + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E} \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{x} \right) C$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 5\varphi_0 = \left(-\varphi^* + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E x_0} \right) - \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 E \cdot R} \quad (1)$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = 4\varphi_0 = \left(-\varphi^* + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 E x_0} \right) - \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 E \cdot 2R} \quad (2)$$

$$(1) - (2) \rightarrow \varphi_0 = -\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 E R} + \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 E R}$$



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
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) *Через точку*

$E(x) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{x^2} & \text{при } x \in (0; r) \cup (R; +\infty) \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2} & \text{при } x \in (r; R) \end{cases}$

$$E(x) = -\frac{d\varphi}{dx} \Rightarrow -\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = \int_{R, x_1}^{x_2} E(x) dx \quad \text{при } x \in (r; R)$$

$$\Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right)$$

1)

$E(x) = \begin{cases} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2}, & x \in (0; r) \cup (R; +\infty) \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2}, & x \in [r; R] \end{cases}$

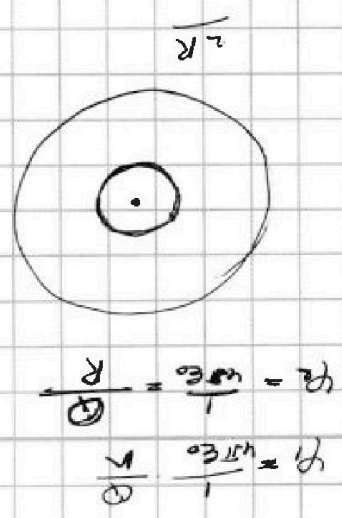
$$E(x) = -\frac{d\varphi}{dx} \Rightarrow -\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = \int_{x_1}^{x_2} E(x) dx \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left. -\frac{1}{x} \right|_{x_1}^{x_2}$$

$$= \left(\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right) \right)$$

$$\left(\frac{b}{5} = 9 \right) \Rightarrow \frac{b}{9} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{9}{9} = \frac{4}{5} \Rightarrow 1 = \frac{4}{5}$$

$$\frac{9}{9} = \frac{4}{5} \Rightarrow 1 = \frac{4}{5}$$





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
_ 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. Печать QR-кода недопустима!

$$S\varphi_0 = S\left(\frac{R}{S}\right)$$

$$4\varphi_0 = S\left(\frac{2}{3}R\right)$$

$$\varphi = f(x)$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x}$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot}$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{6}{5R}$$

$$5\varphi_0 = \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$$

$$4\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{3R}{2R}$$

$$\frac{5}{4} = 2$$

$$\varphi - \varphi_2 = \varphi - \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = \frac{kQ}{r} - \varphi$$

$$\varphi - \varphi_2 = \varphi - \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi - \varphi_2 = \varphi - \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x} \quad x > R$$

$$\varphi_1 = 5\varphi_0 = \frac{5}{4} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 x}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_0 \quad \varphi_2 = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 x}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_0$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 x}$$

~~varphi~~

~~$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{r}$$~~

$$\varphi_1 - \varphi = \frac{kQ}{r}$$

~~$$\varphi - \frac{kQ}{r}$$~~

$$-d\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{x_2} \right)$$

$$\varphi_0 - \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{x_2} \right)$$

~~$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x_0}$$~~

$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$$

$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{R}$$

$$E(x) = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x^2}$$

$$E_2(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{x^2}$$

$$\varphi =$$



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.

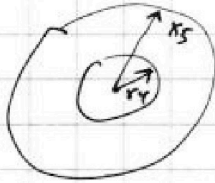
1 2 3 4 5 6 7

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!

15 (продолжение)

2)



$$\begin{aligned} S_2 &= \pi (r_5^2 - r_4^2) = \pi r^2 \left(\left(\frac{55}{3} \right)^2 - \left(\frac{11}{3} \right)^2 \right) = \\ &= \pi r^2 \left(\frac{55^2 - 11^2}{9} \right) = \frac{968}{3} \cdot 25 \text{ см}^2 \cdot \pi = \\ &= \frac{24200}{3} \pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $S_1 = \frac{300}{3} \pi \text{ см}^2$

2) $S_2 = \frac{24200}{3} \pi \text{ см}^2$

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.

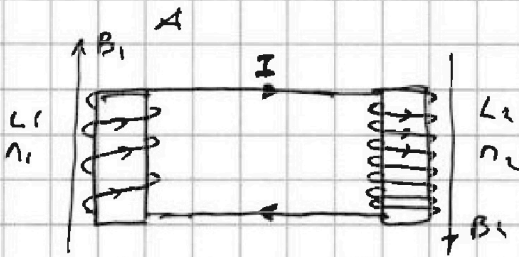


1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

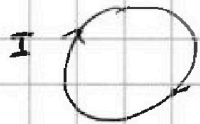
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N 4



1) $\dot{B}_1 = \alpha > 0$ $\dot{I} = ?$
 $\dot{B}_2 = 0$

рассмотрим лоток через один виток в левой катушке. (вид сверху)



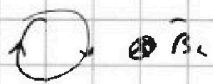
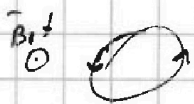
$\odot B_1 \uparrow \Rightarrow \Phi_1 = L_1 I = N_1 B_1 S$

поток по катушке поток по определению

$$\Rightarrow \dot{I} = \frac{N_1 S}{L_1} \cdot \frac{dB_1}{dt} = \frac{\alpha N_1 S}{L_1} = \frac{\alpha \cdot N S}{L}$$

2) $B_1(t)$: от B_0 до $\frac{B_0}{3}$
 $B_2(t)$: от $3B_0$ до $\frac{8B_0}{4}$

рассмотрим сверху катушки. суммарный поток через две катушки.



$\Phi_0 = L_1 I + L_2 I = N_1 B_1 S + N_2 B_2 S$

$(L_1 + L_2) I = (N_1 B_1 + N_2 B_2) S$

и $17L I = (N B_1 + 4N B_2) S$

продифференцируем по времени (*)

$17L \dot{I} = -(N S \dot{B}_1 + 4N S \dot{B}_2) \cdot \frac{1}{17}$

$17L \int dI = - (N S \int_{B_0}^{\frac{B_0}{3}} dB_1 + 4N S \int_{3B_0}^{\frac{8B_0}{4}} dB_2) \Rightarrow 17L I = - \left(-\frac{2}{3} N B_0 S + 4N S \cdot -\frac{3}{4} \right) =$

$\Rightarrow 17L I = \frac{11}{3} N B_0 S \Rightarrow I = \frac{11}{51} \frac{N B_0 S}{L}$

ток в конце уменьшился.

Ответ: 1) $I = \frac{\alpha N S}{L}$

2) $I(\text{в конце}) = \frac{11}{51} \frac{N B_0 S}{L}$



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
__ 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!

$$2mv^2 + 2mgy = \text{const}$$

$$4m\omega^2 r + 2mg r \sin \alpha = 0$$

$$2mg \left(\frac{1}{4} - \frac{5}{13} \right) = \chi mg \left(\frac{13-20}{13 \cdot 4} \right) = -\frac{7}{26} mg$$

$$F_{2x} = F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2$$

$$N_1 = mg \cdot \frac{4}{5}$$

$$N_2 = \chi mg \cdot \frac{16}{15}$$

$$F_1 = \frac{9}{25} mg$$

$$F_2 = \frac{4}{16} mg$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 13 \\ \hline 108 \\ 36 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ 13 \\ \hline 39 \\ \times 169 \\ 12 \\ \hline 338 \\ 163 \\ \hline 2028 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ 25 \quad 36 \\ \hline 12 \quad 35 \\ 50 \quad 10 \\ \hline 25 \quad 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ -28 \\ \hline 36 \quad 2 \end{array}$$

$$\frac{42}{28} = \frac{36}{14} = \frac{18}{7}$$

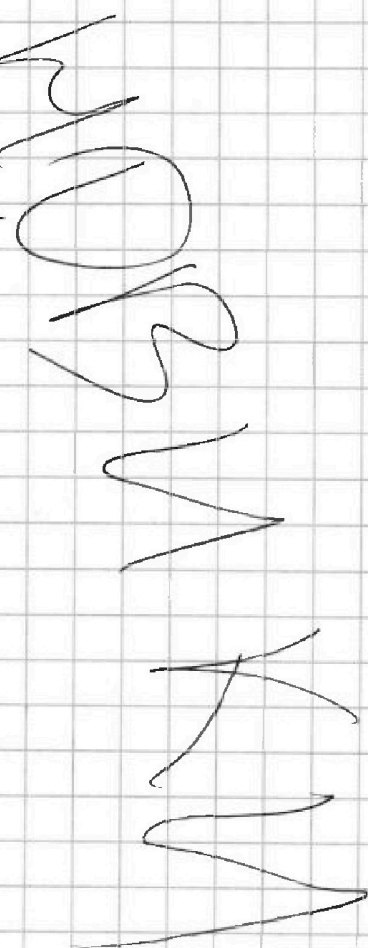
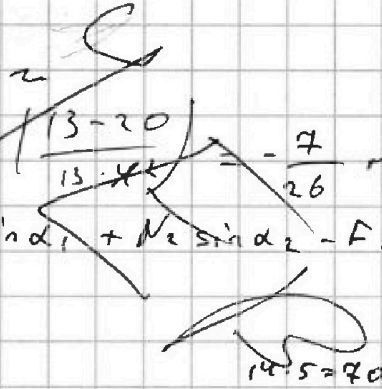
$$\begin{array}{r} 42 \\ +38 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 3 \\ \hline 154 \\ 48 \\ \hline 492 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2028 \\ -468 \\ \hline 1560 \\ +300 \\ \hline 1860 \\ -15 \\ \hline 1845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 169 \\ 5 \\ \hline 845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 6 \\ \hline 72 \end{array}$$



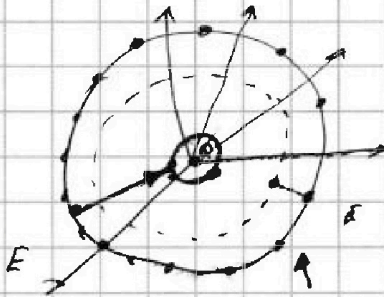


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$q = CU = CU \cdot d$$

$$W = \frac{1}{2} q \varphi = \frac{1}{2} CU^2$$

$$C = \epsilon \epsilon_0$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot E^2 d = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 V$$

$$W = \frac{1}{2} q \varphi$$

$$\varphi = \frac{2W}{q} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2 V}{Q} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{Q} \cdot V \cdot \frac{k^2 Q^2}{x^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{x} = \frac{1}{x^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x^2} \cdot x$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

$$\varphi_{20}$$

$$E = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$E dx = -d\varphi$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \cdot \frac{dx}{x^2} = -d\varphi$$

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{x^2} dx = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{x^2} dx = -\frac{1}{x} \Big|_{R_1}^{R_2} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$$

$$E_1 = -\nabla \varphi_1$$

$$E_2 = 0$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{x^2} dx = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$$



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!

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$ES = \frac{\epsilon q}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$C = \frac{q}{E \cdot X}$$

$$W = \frac{1}{2} q \varphi = \frac{1}{2} C E^2 X^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot E^2 \cdot X^2$$

$$dW = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 S dx$$

$$W = \frac{1}{2} Q \varphi$$

$$\Delta \varphi = \frac{2W}{Q} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2 \cdot S dx}{Q}$$



$$\Delta \varphi = \epsilon \epsilon_0 \left(\frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \right) Q$$

$$\varphi = \frac{Q}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 X}$$

$$\varphi = \left(3 + \frac{3R}{2 \cdot \frac{5}{6} R} \right) \varphi_0$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{Q}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 X}$$

$$\left(3 + \frac{3}{5} \right) \varphi_0$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{Q}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 X} = \beta + \frac{K}{X - X_0}$$

$$\Rightarrow \varphi = \left(3 + \frac{3R}{2X} \right) \varphi_0$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = 1$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_0} = \frac{1}{\frac{Q}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 R}} = \beta + \frac{K}{R - X_0}$$

$$\beta + \frac{3K}{2R} = 5$$

$$\beta + \frac{3K}{2R} = 4$$

$$\beta + \frac{3K}{R} = 5$$

$$\beta + \frac{3K}{2R} = 4$$

$$\frac{3K}{R} - \frac{3K}{2R} = 1$$

$$\frac{\beta - 3K}{2R} = 1$$

$$\frac{3}{2} \frac{K}{R} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{K}{R} = \frac{2}{3}$$

$$\beta = 5 - \frac{3}{R} \cdot \frac{2R}{3} = 3$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = 3 + \frac{2R}{3X}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = 3 + \frac{2R}{3X}$$



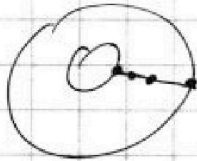
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^X \frac{dx}{x^2}$$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{X} + \frac{1}{R} \right)$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \frac{3Q}{2\pi\epsilon_0 \cdot 5R} = \frac{3Q}{10\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2R}}{\varphi_0} =$$

$$\frac{\frac{3Q}{2\pi\epsilon_0 \varphi_0}}{\varphi_0} = 4$$

$$\varphi\left(\frac{1}{3}R\right) = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R \varphi_0} = 5$$

$$\frac{1}{X} \Big|_{X_0} = -\frac{1}{X} + \frac{1}{X_0}$$

$$-(\varphi - \varphi_0) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{X_0} - \frac{1}{X} \right)$$

$$\varphi_0 - \varphi =$$

$$\varphi_0 - \varphi =$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\varphi - \varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{X} - \frac{1}{X_0} \right)$$

$$\varphi = \left(\varphi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X_0} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\varphi = C + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 X}$$

$$\frac{\varphi\left(\frac{R}{2}\right)}{\varphi_0} = 5\varphi_0 = C + \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow C = 5\varphi_0 -$$

$$3\varphi_0 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{3Q}{R} \varphi_0 = 3\varphi_0 + \frac{3}{4\pi\epsilon_0 R} \varphi_0 R$$

$$\varphi_0 = \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} = \frac{8\varphi_0 R}{2}$$



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!

$$\frac{5}{4} =$$

$$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)' = 3 + \frac{2}{3} \frac{R}{X}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2}{3} R (X^{-1})' = \frac{2}{3} R \cdot -1 \cdot \frac{1}{X^2}$$

$$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)' = -\frac{2R}{3X^2}$$

$$\varphi' = \varphi_0 - \frac{2}{3} \frac{R}{X^2}$$

$$\frac{2\varphi_0}{\frac{3}{6} + \frac{1}{12}} = \frac{4}{12}$$

$$\frac{4}{12} - \frac{1}{3} = \frac{4-4}{12} = \frac{0}{12} = 0$$

$$-\frac{2\varphi_0}{\frac{1}{4}R} = -8 \frac{\varphi_0}{R}$$

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$\varphi' = \frac{2}{3} \varphi_0 \left(\frac{R}{X}\right)' = -\frac{2}{3} \frac{\varphi_0 R}{X^2}$$

$$E(X) = \frac{2}{3} \frac{\varphi_0 R}{X^2}$$

~~$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$~~

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{2}{3} \frac{\varphi_0 R}{X} + \frac{2}{3} = \frac{2}{3} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cdot \frac{R}{X} + \frac{2}{3}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} - \frac{2}{3} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \left(1 - \frac{2}{3}\right) = \frac{2}{3}$$

$$\frac{\varphi_0 R}{X} = 3 + \frac{2}{3} \frac{R}{X}$$

опа



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!

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{S} = \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{S} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{2}{h} \Rightarrow S = \frac{h}{2}$$

$$\frac{5}{3}$$

$$\frac{44 \quad 56}{|55-11|/|55+11|} = 3 \cdot 2$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 25 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\frac{10 \quad 12}{1 + \frac{3}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{6 + 4 + 1}{1} = 11$$

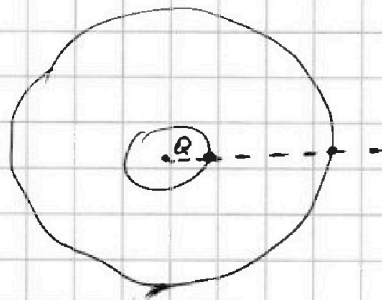
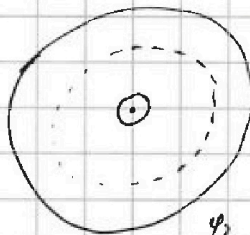
$$\frac{1}{6} = \frac{24}{24} \times \frac{25}{25} = \frac{600}{600}$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 22 \\ \hline 88 \\ 880 \\ \hline 968 \end{array}$$

$$\frac{5}{2} = \frac{5}{2}$$

$$\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot R}{Q} = 3$$

$$\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot R}{Q} = 5 \varphi$$



$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\frac{kQ}{x^2} dx = -d\varphi$$

$$kQ \left. -\frac{1}{x} \right|_{x_1}^{x_2} = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$kQ \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right) = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$kQ \left(\frac{3}{R} - \frac{3}{2R} \right) = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\frac{3}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} = \varphi_0$$

$$kQ \left(\frac{6-3}{2R} \right)$$

$$\frac{3}{2} \frac{kQ}{R} = 5\varphi_0 - 4\varphi_0$$

$$\frac{3}{2} \frac{kQ}{R} = \varphi_0$$