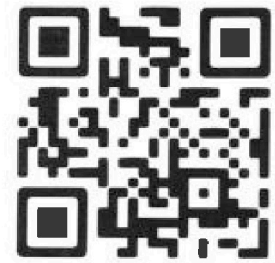




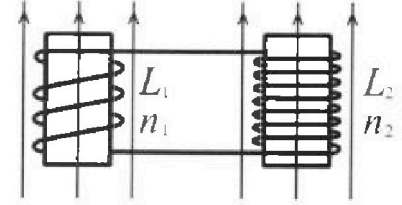
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02



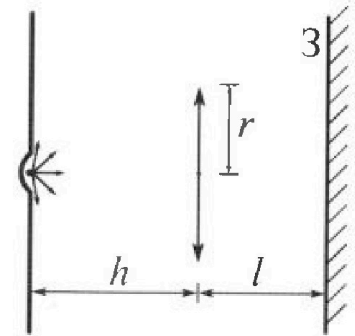
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ расположено параллельно стене плоское зеркало $З$. 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 $[см^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



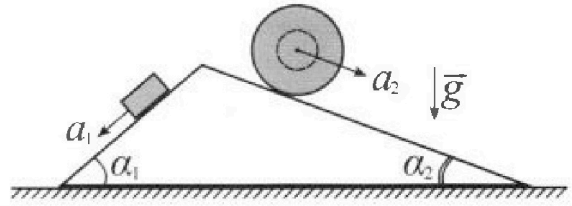
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

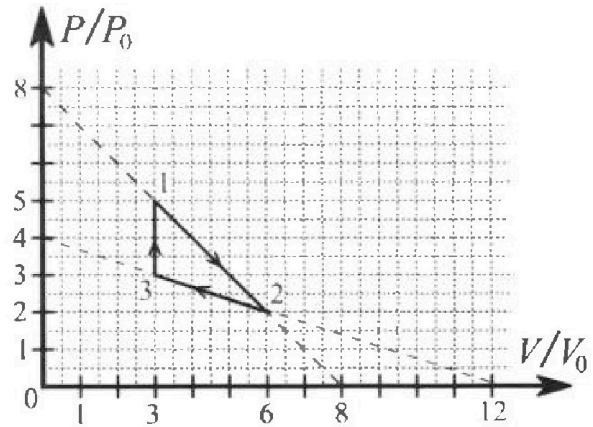
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



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

Каждый ответ выразит ь через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

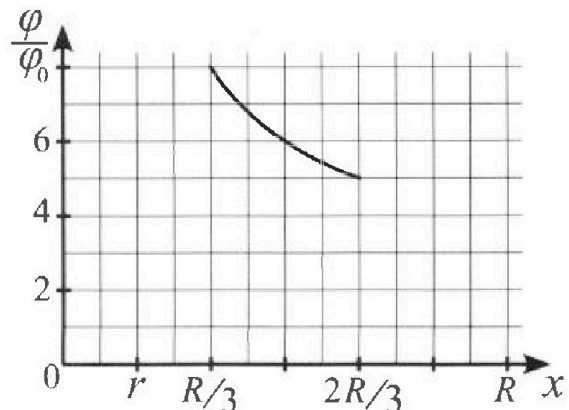
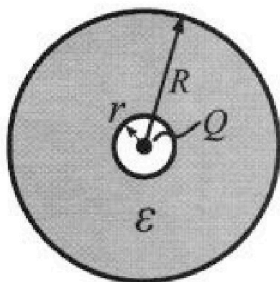


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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

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





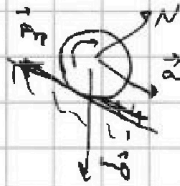
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)



$$y: N_2 = 5mg \cos \alpha_2 = \frac{75}{17} mg$$

II 2H.1

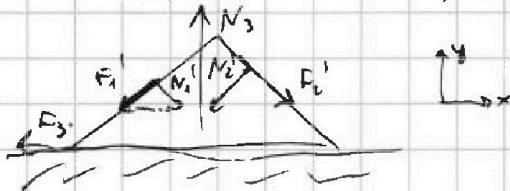
$$x: 5ma = 5mg \sin \alpha_2 - F_f$$

$$F_f = 5mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{25} \right) = \frac{64}{85} mg$$

3)

по III 3H.1

$$F_1' = F_1, F_2' = F_2, N_2' = N_2, N_1' = N_1$$



$$y: a = 0; \quad F_y = 0.$$

$$x: a = 0; \quad F_x \neq 0.$$

$$F_{1x} + N_{2x} - N_{1x} - F_{2x} = F_{3x}$$

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

$$\left(\frac{16}{85} \cdot \frac{4}{5} + \frac{75}{17} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4472}{25} - \frac{64 \cdot 25}{25 \cdot 17} \right) mg = F_{3x}$$

$$75 \cdot 8 - 64 \cdot 3 = 408 \quad \frac{408}{17} = 24$$

$$F_{3x} = \left(\frac{64}{17 \cdot 25} + \frac{24}{17} - \frac{12}{25} \right) mg = \left(\frac{64 + 600 - 204}{25 \cdot 17} \right) mg =$$

$$\frac{92}{85} mg. \quad \text{Ответ: } F_1 = \frac{16}{85} mg;$$

$$F_2 = \frac{64}{85} mg;$$

$$F_3 = \frac{92}{85} mg;$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

Найти:

1) $\frac{|dU_{23}|}{A} - ?$

2) $\frac{\Gamma_{max 1-2}}{\Gamma_2} - ?$

3) $\eta - ?$

1) A_{12} ^{затрачено} за ΔV ^{измени} если площади внутри процесса PV .

1: $5P_0, 3V_0$

2: $2P_0, 6V_0$

3: $3P_0, 3V_0$

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

$$dU_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T$$

$$\nu R \Delta T = 3V_0(5P_0 - 3P_0) = 6P_0V_0$$

$$dU_{23} = \frac{3}{2} \cdot 6P_0V_0 = 9P_0V_0$$

$$\frac{|dU_{23}|}{A_{12}} = 3$$

2) для 1-2: $\frac{P}{P_0} = -\frac{V}{V_0}$ $P = -\frac{V \cdot P_0}{V_0}$ $PV = -\frac{V^2 \cdot P_0}{V_0}$

Уравнение Клапейрона-Менделеева:
 $PV = \nu RT$

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

$$\dot{T}(V) = -\frac{2VP_0}{2\nu R V_0}$$

где $\frac{V}{V_0} > 0$, $T \downarrow$. Знают $\Gamma_{max 1-2}$ будет

1 state 1. $\Gamma_1 = \frac{5P_0 \cdot 3V_0}{\nu R}$

$$\Gamma_2 = \frac{2P_0 \cdot 6V_0}{\nu R}; \quad \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4} = 1,25$$

3) 1-2: $A > 0$ $dU < 0$:

$$Q = A_2 + dU; \quad dU = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} d(PV) = \frac{3}{2} (2P_0 \cdot 6V_0 - 5P_0 \cdot 3V_0) = -\frac{9}{2} P_0V_0$$

$$A_2 = S = \frac{5P_0 + 2P_0}{2} \cdot 3V_0 = 10,5 P_0V_0 \quad Q > 0 - \text{нагрев. } Q = (10,5 - \frac{9}{2}) P_0V_0 = 6P_0V_0$$

$$A_{23} < 0; \quad dU_{23} = \frac{3}{2} d(PV) = \frac{3}{2} (3P_0 \cdot 3V_0 - 2P_0 \cdot 6V_0) < 0.$$

$Q < 0$ - охлаждение.

$$Q_{23} = A_{23}^{23} \quad dU_{23} = 9P_0V_0$$

$$\eta = \frac{|A_2|}{|Q_{23}|} \cdot 100\% = \frac{6P_0V_0 \cdot 100\%}{6P_0V_0 + 9P_0V_0} = 40\%$$

Ответ: 1) $\frac{|dU_{23}|}{A_{12}} = 3$
2) $\frac{\Gamma_{max 1-2}}{\Gamma_2} = 1,25$

3) $\eta = 20\%$

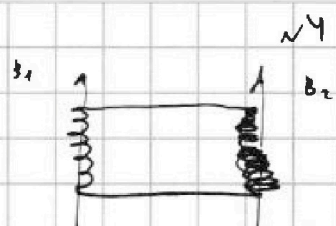
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Dano:
 $L_1 = L$
 $L_2 = 9L$
 $n_1 = n$
 $n_2 = 3n$
 S



1) $\frac{dB_1}{dt} = -d, \text{ directed}$
 $|\frac{dI}{dt}| = ?$

1) $\mathcal{E}_i = -n_1 \frac{dB_1 S}{dt}$ - индукция в первой катушке.
 $\mathcal{E}_i = d$
 $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$

2) За \mathcal{E}_i :
 $b_1: b_0 \rightarrow \frac{2b_0}{3}$
 $b_2: \frac{b_0}{3} \rightarrow \frac{b_0}{12}$
 I в конце -?

В катушке $I=0$, т.е. $\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{si}$.
 $n_1 \cdot dS = L \frac{dI}{dt}$

Примем, \mathcal{E}_i возникает только в 1 катушке, а вот \mathcal{E}_{si} в обеих, то есть L в общей формуле - $L_1 + L_2 = 10L$.

$n_1 \cdot (-d)S = 10L \frac{dI}{dt}$
 $|\frac{dI}{dt}| = \frac{d n S}{10L}$

~~2) Возникнет \mathcal{E}_{si} и \mathcal{E}_i по opposite направлению расставив знаки.~~

~~Энергия в конце:
 $\frac{LI^2}{2} + \frac{9LI^2}{2} = 5LI^2$~~

~~Курс τ - комплексной перпендикулярно контуру.
 $\omega = \frac{\pi}{\tau}$~~

~~Кинетическая энергия:
 $R_1 = \frac{\pi L}{\tau}, R_2 = \frac{9\pi L}{\tau}$~~

~~Работа: $\langle I^2 \rangle \tau = \pi \tau L \cdot \langle I^2 \rangle$
 $I^2 = 2\pi \langle I^2 \rangle$~~

~~В каждой катушке скреплены по opposite направлению:
 $\mathcal{E}_{si1}, \mathcal{E}_i$
 $\mathcal{E}_{si2}, \mathcal{E}_i$
 $\mathcal{E}_{si1} + \mathcal{E}_{si2} = \mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{si1}$~~

~~$\langle I^2 \rangle = \frac{E}{5} = \int_0^{\tau} I^2(t) dt$~~



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

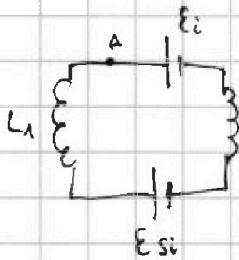
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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) Можно сказать, что на протяжении всего времени

$$\text{действительная } \mathcal{E}_i = |\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2}| = \left| \frac{\Delta B_1}{t} S \cdot n - \frac{\Delta B_2}{t} S \cdot n \right| =$$

$$\approx \frac{S n}{t} \cdot \left| \frac{B_0}{3} - \frac{3B_0}{4} \right| = \frac{5 B_0 S n}{12 t}; \text{ возмущает и } \mathcal{E}_{si}.$$



При этом, по 2 правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{P}_A - \mathcal{E}_{si} + \mathcal{E}_i = \mathcal{P}_A$$

$$\mathcal{E}_{si} = \mathcal{E}_i$$

$$|\mathcal{E}_{si}| = \left| \frac{10 L \dot{\alpha}}{t} \right| = \frac{10 L \dot{\alpha}}{t};$$

то L , т.е. действует от обеих катушек.

$$\dot{I}_k = \dot{I}_0 + \dot{I} = \dot{I}.$$

$$10 L \dot{I}_k = \frac{5 B_0 S n}{12 t} \quad \dot{I}_k = \frac{5 B_0 S n}{24 L}$$

$$\text{Order: } \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{d n S}{10 L} \quad I_k = \frac{B_0 S n}{24 L} = \frac{1}{24} \frac{B_0 S n}{L}.$$



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.

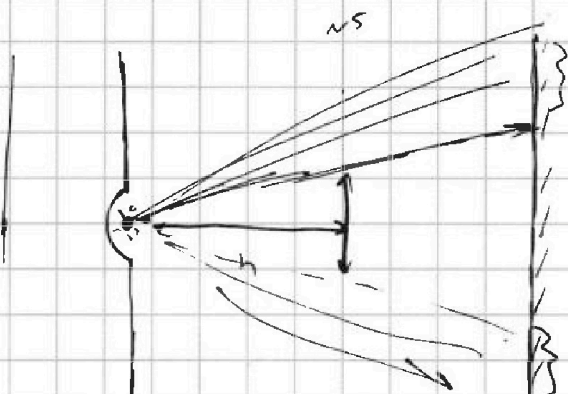
1 2 3 4 5 6 7

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!

Дано:

$F = 2h$
 $h, r = \text{const}$
 $L = h$
 $S_1 = ?$
 $S_2 = ?$



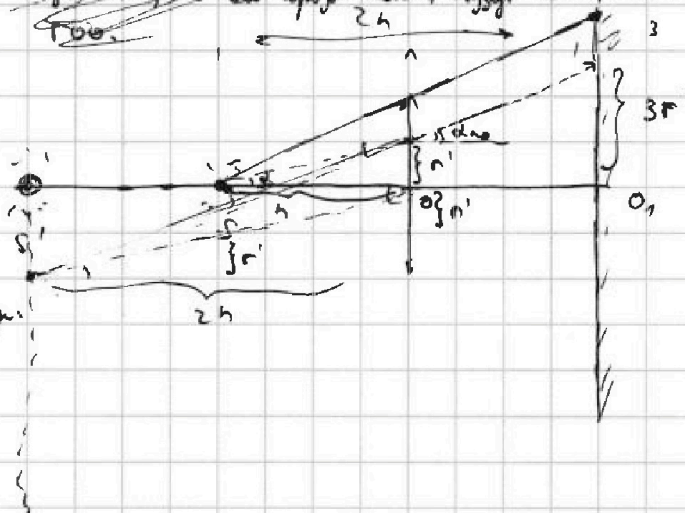
Почкая линза:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{2h}$$

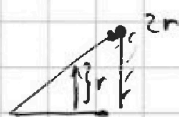
$$f = -\frac{2h}{h}$$

т.к. $d < F$, то изображение будет мнимым.
 Причем, при увеличении сфера мнимая; ~~и будет больше~~
~~и будет больше~~ и ~~то ГОС~~ ~~и будет больше~~
~~и будет больше~~ ~~то не увеличивается будет~~ ~~и будет больше~~
~~ГОС~~



Как бы мы ни увеличивали линзу:

Если мы хотим в линзу не
 проецируем r' от $r=0$, то
 $S_2 = \frac{3r'}{2h}$



то если, при показании r' мы хотим на экран
 в высоту $3r'$.

$r' \in [0; r]$; $R \in [0; 3r]$ - диаметр экрана

при $r' > r$ - свет не попадает в линзу, а идет через на экран:

$R = 2r'$. так на экран будет облучено целиком



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

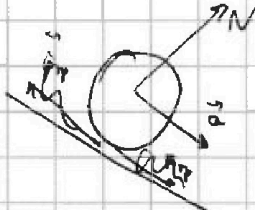
5

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!



$$P_{\parallel} = ma + mg \sin \alpha = mg \left(\frac{d}{25} - \right)$$

$$ma = F_f + mg \sin \alpha$$

$$F_f = mg \left(\frac{d}{17} - \frac{d}{25} \right) = \frac{64}{255} mg$$



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 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!

Dans:

ϵ, r, R, Q

1) $\varphi(\frac{3R}{4}) = ?$

2) $\epsilon = ?$

$$\varphi = E \cdot r = \frac{kQ}{r}$$

т.к. $r > r \Rightarrow E = \frac{E}{\epsilon} \Rightarrow \varphi = \frac{kQ}{\epsilon r}$

Если $r \geq \frac{3R}{4}$: $\varphi(\frac{3R}{4}) = \frac{kQ \cdot 4}{3R} = \frac{Q}{3\pi\epsilon_0 R}$ X, но условие $r < \frac{3R}{4}$.

Если $r < \frac{3R}{4}$: $\varphi(\frac{3R}{4}) = \frac{Q}{3\pi\epsilon\epsilon_0 R}$

$$\frac{\varphi(\frac{2R}{3})}{\rho_0} = 5; \quad \frac{\varphi(\frac{R}{2})}{\rho_0} = 8$$

$$\frac{\varphi(\frac{R}{2})}{\rho_0} = \frac{8}{5}$$

$$\rho_0: \frac{kQ}{4\pi\epsilon R_0} = \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R_0 5}$$

$$\frac{\varphi(\frac{2R}{3})}{\rho_0} = \frac{3R_0}{2\epsilon k} = 5. \quad R_0 = \frac{10}{3} \epsilon R;$$

$$\frac{\varphi}{\rho_0}(r) = c + \frac{k a}{r}, \quad a - \text{некий коэффициент}; \quad r \in (r; R).$$

т.к. $r = \frac{R}{2}$; $c + \frac{3a}{R} = 8$

$$c + \frac{1,5a}{R} = 5$$

$$\frac{1,5a}{R} = 3 \quad \frac{a}{R} = 2;$$

$$\frac{\varphi}{\rho_0}(r) = \frac{2R}{r} + 2$$

$$\varphi(\frac{3}{4}R) = (\frac{8}{3} + 2) \rho_0 = \frac{Q}{3\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$

$$\rho_0 = \rho_0: \frac{Q}{r} = \frac{2R}{r} + 2; \quad \frac{2R}{r} = -1; \quad r = -2R;$$

$$\rho_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon R_0}; \quad \frac{14}{8\pi R_0} = \frac{1}{8\epsilon R} \quad R_0 = \frac{2}{7} \epsilon R;$$

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



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

$$\varphi\left(\frac{2k}{3}\right) = 5 \cdot \frac{Q}{4\pi \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot k} = \frac{5Q}{8\pi \epsilon k}$$

$$\varphi(r) = 12 \varphi_0$$

$$\varphi(r) = \frac{6Q}{4\pi \epsilon r} = \frac{6Q}{4\pi \epsilon \cdot 2} ; \quad \epsilon = 7$$

$$\text{Ответ: } \frac{Q}{3\pi \epsilon \epsilon_0 k} ; \quad 7$$