



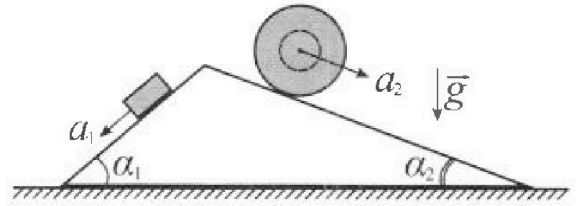
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$).



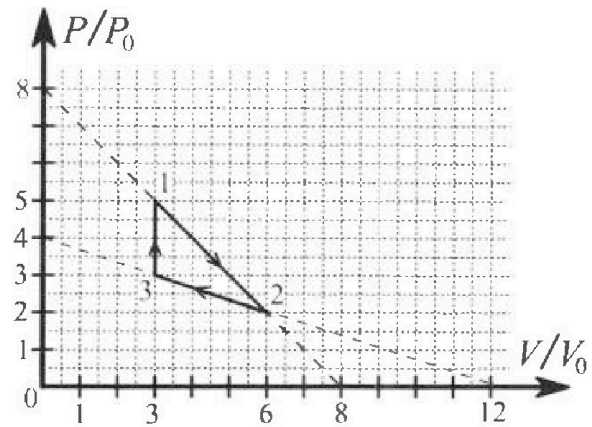
Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

- 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 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 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.

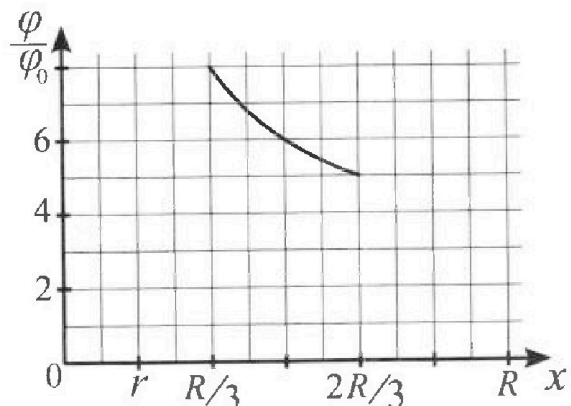
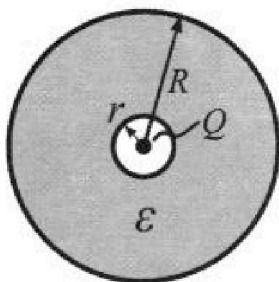


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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 .



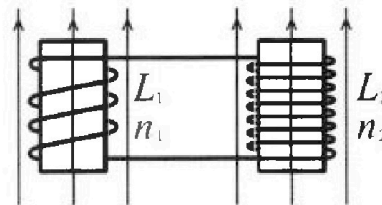
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

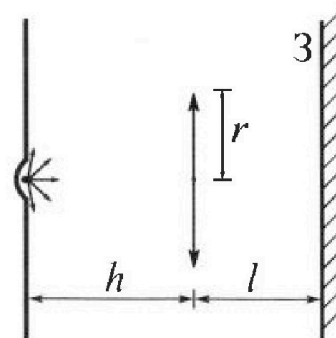


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 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 yl , где y - 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 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_1

$$1) ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{7}{17}g\right) = \frac{16}{85}mg$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

2) $5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_2$

$$F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 5m\left(\frac{8}{17}g - \frac{8}{25}g\right) = \frac{64}{85}mg$$

$$N_2 = 5mg \cos \alpha_2$$

3) $N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$

$$F_3 = F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 =$$

$$= \frac{16}{85}mg \cdot \frac{4}{5} + 5mg \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17} - mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - \frac{64}{85}mg \cdot \frac{15}{17} =$$

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

Ответ: 1) $F_1 = \frac{16}{85}mg$; 2) $F_2 = \frac{64}{85}mg$;
3) $F_3 = \frac{92}{85}mg$.



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 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!

$$\sqrt{2}$$

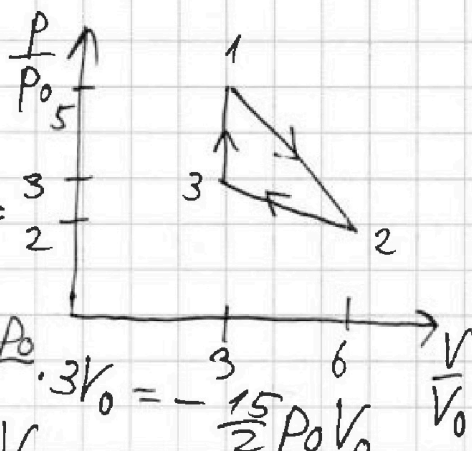
1) $A_{31} = 0$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{5p_0 + 2p_0}{2} \cdot 3V_0 = \frac{3}{2} p_0 V_0$$

$$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2} (V_3 - V_2) = -\frac{2p_0 + 3p_0}{2} \cdot 3V_0 = -\frac{15}{2} p_0 V_0$$

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 3p_0 V_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 3V_0 - 3p_0 \cdot 3V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0 V_0 = 9p_0 V_0$$



$$\frac{|\Delta U_{31}|}{A_{1231}} = \frac{9p_0 V_0}{3p_0 V_0} = 3$$

$$2) p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R} = \frac{12 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow p dV + V dp = \nu R dT$$

$$T \rightarrow \max \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow p dV = -V dp$$

Процесс 1-2 является частью прямой, соединяющей точки $(0; 8)$ и $(8; 0) \Rightarrow \frac{dp}{dV}$ в любой точке процесса 1-2 является константой.

$$\frac{dp}{dV} = \frac{0 - 8p_0}{8V_0 - 0} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$\frac{p}{V} = -\frac{dp}{dV} = \frac{p_0}{V_0}$$

На прямой 1-2 есть точка с координатами $(4; 4)$, удовлетворяющая данному условию $\Rightarrow 4p_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_{12 \max}$

$$T_{12 \max} = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R} \Rightarrow \frac{T_{12 \max}}{T_2} = \frac{16 p_0 V_0}{12 p_0 V_0} = \frac{4}{3}$$



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!

$$3) Q_{31+} = A_{31+} + \Delta U_{31} = 9 p_0 V_0$$

$$\oint Q_{12} = \oint A_{12} + dU_{12}$$

$$\oint A_{12} = p dV \quad dU_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

Найдём точку окончание подводения тепла 1-2! $\oint Q_{12} = 0$

$$p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0 \Rightarrow 5p dV + 3V dp = 0$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{p_0}{V_0} \Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{3p_0}{5V_0}$$

На прямой 1-2 это точка с координатами $(5; 3)$

$$\Delta U_{12+} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5p_0) = 0$$

$$A_{12+} = \frac{3p_0 + 5p_0}{2} (5V_0 - 3V_0) = 4p_0 \cdot 2V_0 = 8p_0 V_0$$

$$Q_{12+} = \Delta U_{12+} + A_{12+} = 8p_0 V_0$$

Найдём точку окончание подводения тепла 2-3; $\oint Q_{23} = 0$

$$5p dV + 3V dp = 0$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{5p}{3V}$$

$$\Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{3V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_0}{5V_0}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{4p_0 - 0}{12V_0 - 0} = -\frac{p_0}{3V_0}$$

точка, удовлетворяющая данному условию на процессе 2-3 не существует (точка на продолжении правее точки 2).

Значит, тепло в процессе 2-3 не подводится (м.к.

процесс идёт в обратную сторону (справа налево)).

$$Q_{23+} = 0$$

$$Q_+ = Q_{31+} + Q_{23+} + Q_{12+} = 17 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{1231}}{Q_+} = \frac{3}{17} \quad \text{Объем: 1) } \frac{|\Delta U_{31}|}{A_{1231}} = 3; \quad 2) \frac{T_{12\max}}{T_2} = \frac{4}{3}; \quad 3) \eta = \frac{3}{17}$$

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!

N3

$$1) E = - \frac{d\varphi}{dx}$$

$E_x = \frac{E_{x0}}{\epsilon}$, где E_{x0} — напряжённость в вакууме.

$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E_{x0} \cdot 4\pi x^2$$

$$E_{x0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2} \Rightarrow E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}$$

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

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{1}{x} \Big|_{x_1}^{x_2}$$

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

$$\text{при } x = \frac{R}{2} \quad \varphi = 6\varphi_0 \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} - \varphi_{\frac{R}{2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(\frac{4}{3R} - \frac{2}{R} \right) = -\frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} = \varphi_{\frac{R}{2}} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = 6\varphi_0 - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

Найдём φ_0 : при $x = \frac{R}{2} \quad \varphi = 6\varphi_0$; при $x = \frac{2R}{3} \quad \varphi = 5\varphi_0$

$$\varphi_{\frac{2R}{3}} - \varphi_{\frac{R}{2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(\frac{3}{2R} - \frac{2}{R} \right) = -\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

$$\varphi_0 = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$

2) Укажем тот факт, что потенциал на бесконечности равен нулю!

$$E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}; \quad E_{x0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$



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!

$$d\varphi_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right) - \text{внутри}$$

$$d\varphi_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi_2' - \varphi_1' = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_1'}\right) - \text{снаружи}$$

Найдём потенциал в точке $x=R$:

$$\varphi_2' - \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{R}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \Rightarrow \varphi_2 = b\varphi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\varphi_2 - \varphi_\infty = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \epsilon = 2$$

Ответ: 1) $\varphi_x = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0\epsilon R}$; 2) $\epsilon = 2$.



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!

24

1) $\varphi_{эл.} = BS$ (элементарный поток через 1 виток)

$$\varphi_1 = N_1 \varphi_{эл.1} = N_1 B_1 S$$

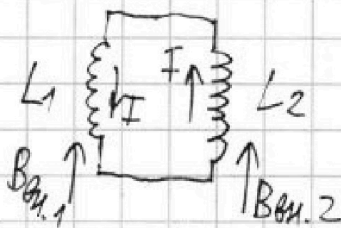
$$\varphi_2 = N_2 \varphi_{эл.2} = N_2 B_2 S$$

Сопоставление клем \Rightarrow поток магнитного поля сохраняется, $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = N_1 B_1 S + N_2 B_2 S = const$

$$\varphi = const \Rightarrow \frac{d\varphi}{dt} = 0; \quad \frac{d\varphi_1}{dt}_{внеш.} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot N_1 S = -L N_1 S$$

$$\frac{d\varphi_1}{dt}_{соем.} = -L_1 \frac{dI}{dt}; \quad \frac{d\varphi_2}{dt}_{соем.} = L_2 \frac{dI}{dt}$$

(по направлению ток в катушке сонаправлен с током в катушке, поэтому на один из катушек знак минус, другой наоборот)



$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi_1}{dt}_{внеш.} + \frac{d\varphi_1}{dt}_{соем.} + \frac{d\varphi_2}{dt}_{соем.} = -L N_1 S + (L_2 - L_1) \frac{dI}{dt}$$

$$\left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{L N_1 S}{L_2 - L_1} = \frac{L N S}{8L}$$

$$2) \varphi_{10} = N_1 B_1 S = n B_0 S$$

$$\varphi_{20} = N_2 B_2 S = n B_0 S$$

$$\varphi_0 = \varphi_{10} + \varphi_{20} = 2n B_0 S$$

$$\varphi_{эл.} = \varphi_{1эл.} + \varphi_{2эл.} = N_1 B_1' S + N_2 B_2' S = \frac{2}{3} n B_0 S + \frac{1}{4} n B_0 S = \frac{11}{12} n B_0 S$$

$$\varphi = const = \varphi_0 \Rightarrow \varphi_{соем.} + \varphi_{эл.} = \varphi_0 \Rightarrow \varphi_{соем.} = \frac{13}{12} n B_0 S$$

$$\varphi_{соем.} = (L_2 - L_1) I \Rightarrow I = \frac{13 n B_0 S}{12(L_2 - L_1)} = \frac{13 n B_0 S}{96L}$$

Ответ: 1) $\left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{L N S}{8L}$; 2) $|I| = \frac{13 n B_0 S}{96L}$.



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!

№5

используем формулу тонкой линзы: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, где a - расстояние от источника до линзы; b - расстояние от изображения до линзы; F - фокусное расстояние линзы.
 $\frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{hF}{h-F} = -2h$, то есть изображение линзы, находится на расстоянии $2h$ слева от линзы.

В реальности существует стека и зеркало, что даст свои поправки, но этот факт поместит при построении лучей в ходе решения.

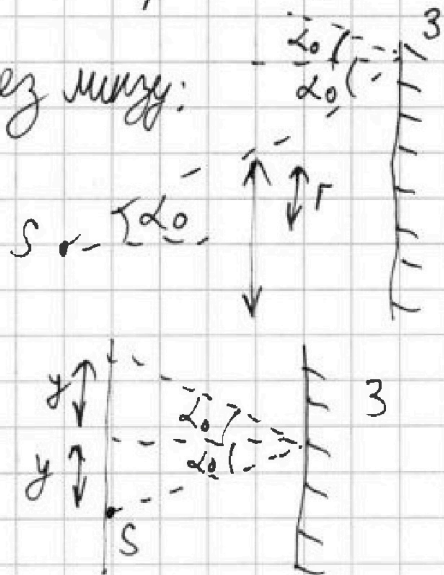
Рассмотрим лучи, не прошедшие через линзу:

$$tg \alpha = \frac{r}{h}$$

$$y = (h+l) tg \alpha = b \frac{r}{h} = 2r$$

т.к. угол падения равен углу отражения \Rightarrow луч вернется на стену на высоте $2y = 4r$.

То есть, такая с $R_0 = 4r = 8cm$ от источника S будет такая область.



Рассмотрим лучи, прошедшие через линзу:

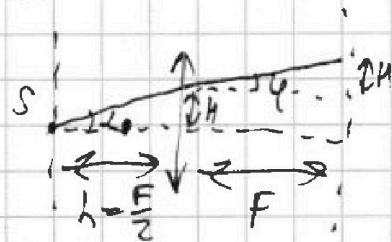
Вспомогательное свойство, что все параллельные лучи проходят через одну точку фокальной плоскости.

Пусть луч пересекает линзу на высоте H :

Значит, фокальную плоскость OK пересечем на высоте $2H$ (т.к. $h = \frac{F}{2}$) \Rightarrow

$$\Rightarrow tg \varphi = \frac{H}{F}; tg \alpha = \frac{H}{h} = \frac{2H}{F}$$

т.к. за линзой зеркало \Rightarrow до фокальной плоскости луч не пойдет.



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!

Луч вертикален на линзу на H выше точки падения (м.к. $f = \frac{F}{2}$)

$2H < \Gamma \Rightarrow$ луч снова преломится в линзе.

Рассмотрим ситуацию $\frac{\Gamma}{2} < H < \Gamma \Rightarrow$ на стену луч

вертикален на $\frac{5H}{2}$ выше $S \Rightarrow R_1 = \frac{5H}{2} \Rightarrow R_1 \in (\frac{5\Gamma}{4}; \frac{5\Gamma}{2})$

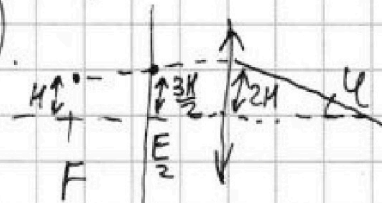
Рассмотрим ситуацию, когда $H < \frac{\Gamma}{2}$:

луч должен пересечь оптическую ось на высоте

$x = F \tan \varphi = H$. Значит, стену он пересечет на высоте

$\frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 = \frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 \in (0; \frac{3\Gamma}{4})$.

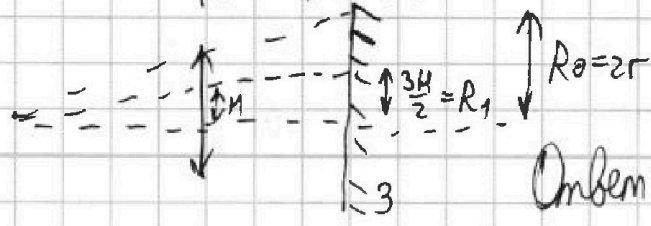
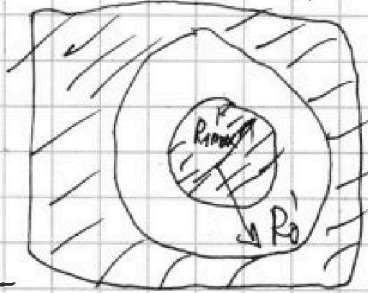
Итак, картина на стене:
(штриховка - освещенная область).



$$\begin{aligned}
 2) S_{cm} &= \pi (R_0^2 - R_{1max}^2) + \\
 &+ \pi (R_{1min}^2 - R_{2max}^2) = \\
 &= \pi (16\Gamma^2 - \frac{25\Gamma^2}{4} + \frac{25\Gamma^2}{16} - \frac{9\Gamma^2}{16}) \\
 &= 43\pi \Gamma^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1) R_0' &= 2\Gamma \\
 R_1' &= \frac{3H}{2} \Rightarrow R_{1max}' = \frac{3\Gamma}{2} \\
 S &= \pi (R_0'^2 - R_{1max}'^2) = \\
 &= \pi (4\Gamma^2 - \frac{9\Gamma^2}{4}) = 7\pi \Gamma^2
 \end{aligned}$$

Итак, картина на зеркале:



Объем: 1) $S_3 = 7\pi \Gamma^2$; 2) $S_{cm} = 43\pi \Gamma^2$.



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!

№4 $B = \mu_0 n I$, где n - плотность витков *через виток*

1) $\Phi_{эл.} = BS$ (элементарный поток через 1 виток)

$$\Phi_1 = n_1 \Phi_{эл.1} = n_1 B_1 S$$

$$\Phi_2 = n_2 \Phi_{эл.2} = n_2 B_2 S$$

Сопоставление кем \Rightarrow ток максимум *и* все
сохраняется. $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = n_1 B_1 S + n_2 B_2 S = const$

$$\frac{d\Phi}{dt} = 0 ; \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot n_1 S = -\alpha n_1 S$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = -L_1 \frac{dI}{dt} ; \frac{d\Phi_2}{dt} = L_2 \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = -\alpha n_1 S + (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha n_1 S}{-L_1 + L_2} = \frac{\alpha n S}{8L}$$

$$2) \Phi_{10} = n_1 B_1 S = n B_0 S$$

$$\Phi_{20} = n_2 B_2 S = n B_0 S$$

$$\Phi_0 = \Phi_{10} + \Phi_{20} = 2n B_0 S$$

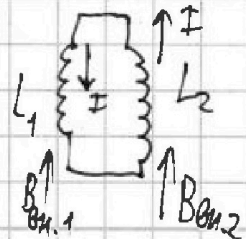
$$\Phi_{эл.}' = \Phi_{1эл.}' + \Phi_{2эл.}' = n_1 B_1' S + n_2 B_2' S = \frac{2}{3} n B_0 S + \frac{1}{4} n B_0 S = \frac{11}{12} n B_0 S$$

$$\Phi = const = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{соем.} + \Phi_{эл.}' = \Phi_0 \Rightarrow \Phi_{соем.} = \frac{13}{12} n B_0 S$$

$$(L_2 - L_1) I = \Phi_{соем.} \Rightarrow I = \frac{13 n B_0 S}{12(L_2 - L_1)} = \frac{13 n B_0 S}{96L}$$

Ток в катушке сонаправлен с током
в катушке, поэтому разность индуктивностей.

$$U_{инд.}: 1) \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{\alpha n S}{8L} ; 2) |I| = \frac{13 n B_0 S}{96L}$$





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!

№2

Черновик

$$3) A_{1231} = 3p_0V_0$$

$$Q_{31+} = A_{31} + \Delta U_{31} = 9p_0V_0$$

$$\delta Q_{12} = \delta A_{12} + dU_{12}$$

$$\delta A_{12} = p dV \quad dU_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

На границе между окружностями совершается работа; $\delta Q_{12} = 0$

$$p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0 \Rightarrow 5p dV + 3V dp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V} \Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{3p_0}{5V_0}$$

На границе 1-2 это точка с координатами (5; 3)

$$\Delta U_{12+} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 3V_0 \cdot 5p_0) = 0$$

$$A_{12+} = \frac{3p_0 + 5p_0}{2} (5V_0 - 3V_0) = 4p_0 \cdot 2V_0 = 8p_0V_0$$

$$Q_{12+} = \Delta U_{12+} + A_{12+} = 8p_0V_0$$

На границе между окружностями совершается работа 2-3: $\delta Q_{23} = 0$

$$5p dV + 3V dp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V} \Rightarrow \frac{5p}{3V} = \frac{p_0}{3V_0} \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_0}{5V_0}$$

точка соответствует границе условию на 2-3 не лежит (только на продолжении) правее точки 2

Значит, тепло в процессе 2-3 не совершается, т.к. процесс в обратную сторону (справа налево)

$$Q_+ = Q_{31+} + Q_{23+} + Q_{12+} = 17p_0V_0 \quad Q_{23+} = 0$$

$$2 = \frac{A_{1231}}{Q_+} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) $\frac{15V_{31}}{A_{1231}} = 3$; 2) $\frac{T_{2max}}{T_2} = \frac{4}{3}$; 3) $2 = \frac{3}{17}$



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!

$\sqrt{2}$ Черновик

1) $A_{31} = 0$
 $A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{5p_0 + 3p_0}{2} \cdot 3V_0 = \frac{24p_0V_0}{2}$

$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2} (V_3 - V_2) =$
 $= \frac{3p_0 + 3p_0}{2} \cdot 3V_0 = -\frac{15p_0V_0}{2}$

$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 3p_0V_0$

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (p_1V_1 - p_3V_3) = \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 3V_0 - 3p_0 \cdot 3V_0) =$
 $= \frac{3}{2} (15p_0V_0 - 9p_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot 6p_0V_0 = 9p_0V_0$

$\frac{|\Delta U_{31}|}{A_{1231}} = \frac{9p_0V_0}{3p_0V_0} = 3$

2) $p_2V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{p_2V_2}{\nu R} = \frac{12p_0V_0}{\nu R}$

$pV = \nu RT \Rightarrow p dV + V dp = \nu R dT$

$T \rightarrow \max \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow p dV = -V dp$

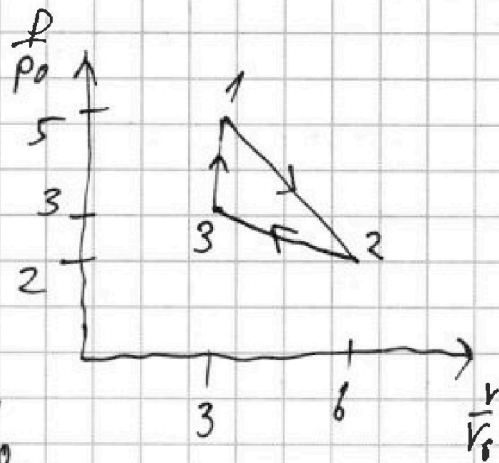
Процесс 1-2 является частью прямой, соединяющей точки $(0; 8)$ и $(8; 0)$ $\Rightarrow \frac{dp}{dV}$ в любой точке процесса 1-2 является константой.

$\frac{dp}{dV} = \frac{0 - 8p_0}{8V_0 - 0} = -\frac{p_0}{V_0}$

На прямой 1-2 есть точка с координатами $(4; 4)$,

удовлетворяющая данному условию $\Rightarrow 4p_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_{12 \max}$

$T_{12 \max} = \frac{16p_0V_0}{\nu R} \Rightarrow \frac{T_{12 \max}}{T_2} = \frac{16p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{4}{3}$





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!

Черновик

N_1
 $ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$
 $N_1 = mg \cos \alpha_1$
 $5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 - F_2$
 $N_2 = 5mg \cos \alpha_2$

$N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$

1) $F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{7}{17}g\right) = \frac{81 - 35}{85}mg = \frac{16}{85}mg$

2) $F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) = 5m\left(\frac{8}{17}g - \frac{8}{25}g\right) = 40mg \cdot \frac{25 - 17}{25 \cdot 17} = \frac{40 \cdot 8}{25 \cdot 17}mg = \frac{64}{85}mg$

3) $F_3 = F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 =$
 $= \frac{16}{85}mg \cdot \frac{4}{5} + 5mg \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17} - mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - \frac{64}{85}mg \cdot \frac{15}{17} =$
 $= mg \left(\frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{5 \cdot 8 \cdot 15}{17 \cdot 17} - \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 8 \cdot 15}{5 \cdot 17 \cdot 17} \right) = mg \left(\frac{64 - 12 \cdot 17}{17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{25 \cdot 8 \cdot 15 - 8 \cdot 8 \cdot 15}{5 \cdot 17 \cdot 17} \right) =$
 $= mg \left(-\frac{140}{17 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{8 \cdot 3}{17} \right) = mg \left(\frac{24}{17} - \frac{28}{17 \cdot 5} \right) = mg \left(\frac{120 - 28}{17 \cdot 5} \right) =$
 $= mg \frac{92}{17 \cdot 5} = \frac{92}{85}mg$

Ответ: 1) $\frac{16}{85}mg$; 2) $\frac{64}{85}mg$; 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
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!

лучь вернется на линзу на H выше точки падения.

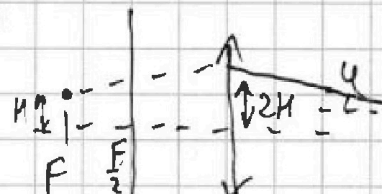
$3H < \Gamma \Rightarrow$ луч снова выскочит в линзе (н.м.к. на расстоянии $\frac{\Gamma}{2}$ от центра зеркала).

$H < \frac{\Gamma}{2} = 1 \text{ см.}$

Рассмотрим ситуацию $\frac{\Gamma}{2} < H < \Gamma \rightarrow$ на стену луч вернется на $R_1 = \frac{5H}{2}$ выше $S. \Rightarrow R_1 \in (\frac{5\Gamma}{4}; \frac{5\Gamma}{2})$

Рассмотрим ситуацию, когда $H < \frac{\Gamma}{2}$: луч должен пересечь оптическую ось на высоте $x = \tan \varphi \cdot F = H$

Значит, стену он пересечет на высоте $\frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 = \frac{3H}{2} \Rightarrow R_2 \in (0; \frac{3\Gamma}{4})$



Угол, картинка на стене: штриховка - освещенная область.

$$2) S = \pi(R_0^2 - R_{1\max}^2) + \pi(R_{1\min}^2 - R_{2\max}^2)$$

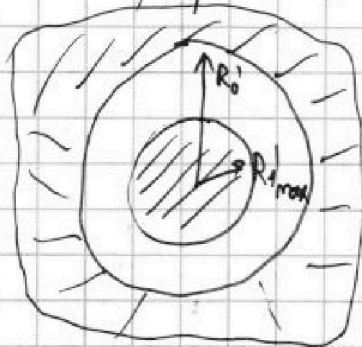
$$= \pi(16\Gamma^2 - \frac{25\Gamma^2}{4} + \frac{25\Gamma^2}{16} - \frac{9\Gamma^2}{16}) =$$

$$= \pi(17\Gamma^2 - 6,25\Gamma^2) = 10,75\pi\Gamma^2 =$$

$$= 43\pi \text{ см}^2$$



1) Угол, картинка на зеркале:



$R_0' = 2\Gamma$

$R_1' = \frac{3H}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow R_{1\max} = \frac{3\Gamma}{2}$

$S = \pi(R_0'^2 - R_{1\max}^2) = \pi(4\Gamma^2 - \frac{9\Gamma^2}{4}) =$

$= \pi(16 - 9) = 7\pi \text{ см}^2$

Ответ: 1) $S_z = 7\pi \text{ см}^2$; 2) $S_{\text{ст}} = 43\pi \text{ см}^2$.



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!

1/5 Черновик

используем формулу тонкой линзы:

линзы: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, a - расстояние от источника до линзы;
 b - расстояние от изображения до линзы; F - фокусное расстояние линзы.
 $\frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{h} = \frac{h-F}{hF} \Rightarrow b = \frac{hF}{h-F} = \frac{2h^2}{-h} = -2h$,
 то есть изображение мнимое, находится на расстоянии $2h$ от линзы.

$tg \alpha = \frac{r}{h}$

Рассмотрим лучи, не прошедшие

через линзу: $tg \alpha = \frac{r}{h}$

$y = (h+l) tg \alpha = \frac{h+l}{h} r = 2r$

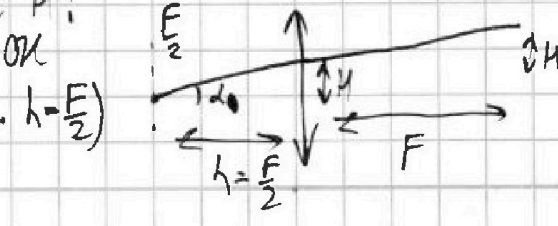
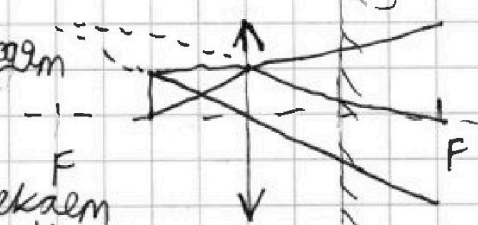
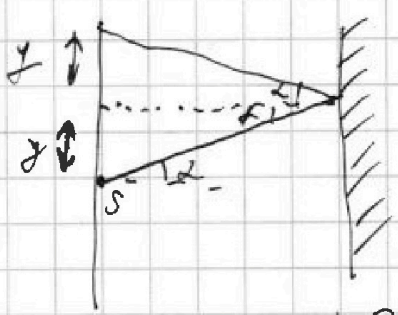
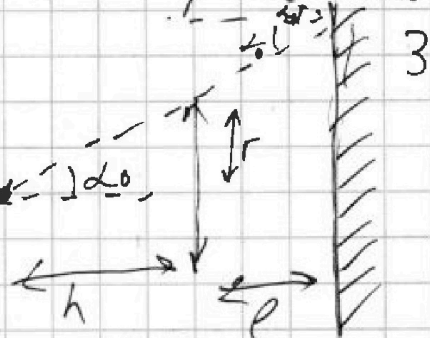
т.к. углы падения равен углу отражения \Rightarrow вернется на ступу
 луч на высоте $2r = 4r$. То есть,
 катушка с $R_0 = 4r = 8 \text{ см}$ от
 источника S будет сплошная
 освещенная область.

Рассмотрим лучи, прошедшие

через линзу. Воспользуемся фактом, что
 все параллельные лучи проходят
 через одну точку фокальной
 плоскости. Пусть луч пересекает

фокальную плоскость линзы на высоте H ;
 знаем фокальную плоскость OK
 пересечем на высоте $2H$ (т.к. $h = \frac{F}{2}$)

$\Rightarrow tg \varphi = \frac{H}{F}$; $tg \alpha = \frac{H}{h} = \frac{2H}{F}$





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!

2) Используем то, что потенциал на бесконечности равен нулю: $E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$; $E_{x_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2}$

$d\varphi_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)$ - формула для потенциала

$d\varphi_x = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi_2' - \varphi_1' = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_1'}\right)$

Найдём потенциал в точке $x=R$:

$\varphi_{\frac{R}{2}} - \varphi_R = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{R}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \Rightarrow \varphi_R = 6\varphi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$

$\varphi_{\frac{R}{2}} - \varphi_R = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$

$\varphi_{\frac{R}{2}} - \varphi_R = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \epsilon = 2$

Ответ: 1) $\varphi_x = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0\epsilon R}$; 2) $\epsilon = 2$.



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

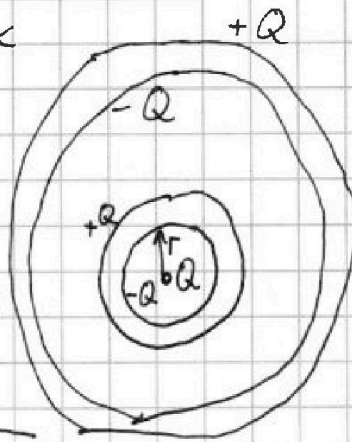
СТРАНИЦА
из

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!

N3
1) $E_x = - \frac{d\varphi}{dx}$

$E_x = \frac{E_{x0}}{\epsilon}$, где E_{x0} — напряженность в вакууме.
 $\frac{Q}{\epsilon_0} = E_{x0} \cdot 4\pi x^2$

$E_{x0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2} \Rightarrow E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x^2}$



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

$\int d\varphi = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \int \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \varphi \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{1}{x} \Big|_{x_1}^{x_2}$

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

при $x = \frac{R}{2}$ $\varphi = 6\varphi_0 \Rightarrow \varphi_{\frac{R}{2}} - \varphi_{\frac{3R}{4}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(\frac{4}{3R} - \frac{2}{R} \right) =$
 $= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \left(-\frac{2}{3R} \right) = -\frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} = \varphi_{\frac{R}{2}} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = 6\varphi_0 - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R}$

при $x = \frac{2R}{3}$ $\varphi = 5\varphi_0 \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} - \varphi_{\frac{2R}{3}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(\frac{4}{3R} - \frac{3}{2R} \right) =$
 $= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \left(-\frac{1}{6R} \right) = -\frac{Q}{24\pi\epsilon_0 \epsilon R}$

Найти φ_0 : при $x = \frac{R}{2}$ $\varphi = 6\varphi_0$; при $x = \frac{2R}{3}$ $\varphi = 5\varphi_0$.

$\varphi_{\frac{2R}{3}} - \varphi_{\frac{3R}{4}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(\frac{3}{2R} - \frac{2}{R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left(-\frac{1}{2R} \right) = -\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R}$
 $\varphi_0 = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 \epsilon R} \Rightarrow \varphi_{\frac{3R}{4}} = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R} - \frac{Q}{6\pi\epsilon_0 \epsilon R} = \frac{7Q}{12\pi\epsilon_0 \epsilon R}$