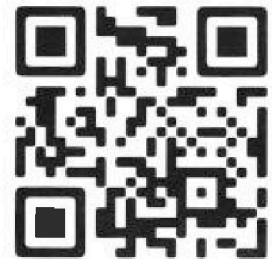




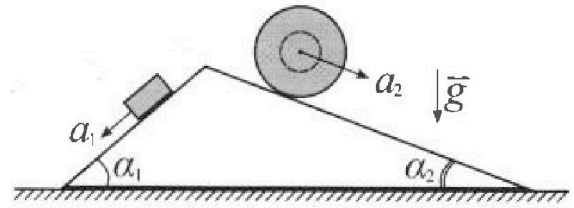
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ).

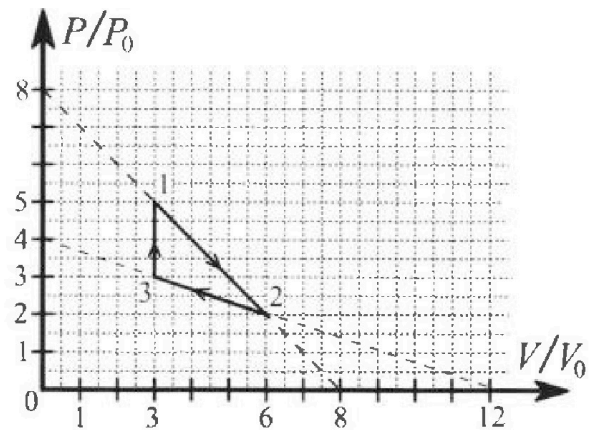


Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

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

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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



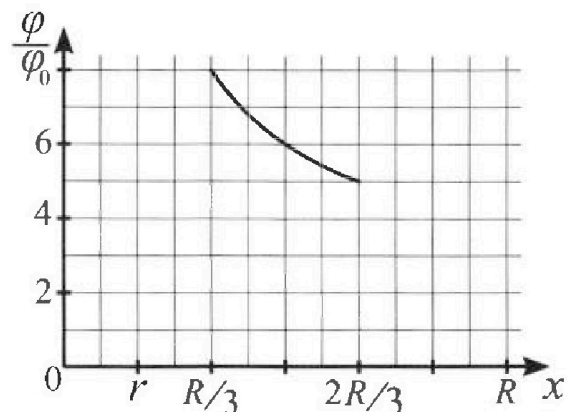
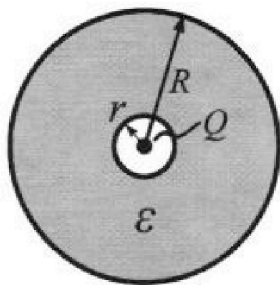
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\phi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.).

Здесь  $\phi_0$  — 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  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



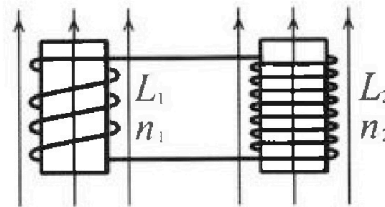
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

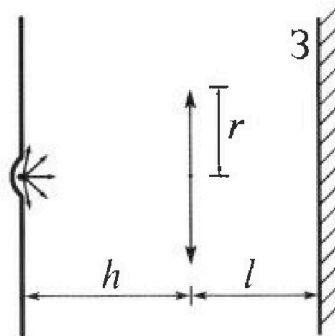


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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

$\sqrt{1}$   
 Dato:  
 $a_1 = \frac{4}{17}g$   
 $a_2 = \frac{8}{25}g$   
 $\sin d_1 = \frac{3}{5}$   
 $m_{sp} = m$   
 $\cos d_1 = \frac{4}{5}$   
 $\sin d_2 = \frac{8}{17}$   
 $m_m = 5m$   
 $\sin d_2 = \frac{15}{17}$

Решение:

1)  $\vec{F}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g} = m\vec{a}_1$  II закон Ньютона:

OX:  $mg \sin d_1 - F_1 = ma_1$   
 $mg \cdot \frac{3}{5} - m \cdot \frac{4}{17}g = F_1$   
 $\frac{31mg}{85} - \frac{35mg}{85} = F_1 = \frac{16}{85}mg$

2) Для шара во II закону Ньютона:  
 $\vec{N}_2 + \vec{F}_2 + 5m\vec{g} = 5m\vec{a}_2$   
 OX':  $5mg \sin d_2 - F_2 = 5ma_2$   
 $F_2 = 5mg \cdot \frac{8}{17} - 5m \cdot \frac{8}{25}g = \frac{40mg}{17} - \frac{8mg}{5} =$   
 $= \frac{200mg}{85} - \frac{136mg}{85} = \frac{64}{85}mg$

3) На кини действуют  $-\vec{N}_1$ ;  $-\vec{N}_2$ ;  $\vec{F}_3$ .



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 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) для бруска на ось  $Oy$ :

$$Oy: N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$\text{для шара на ось } Oy': N_2 = 5mg \cos \alpha_2 = \frac{75}{17} mg$$

$$\text{Для кнута: } \vec{F}_3 + (-\vec{N}_1) + (-\vec{N}_2) = \vec{0}$$

$$Ox'': N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_{3x} = 0$$

$$F_{3x} = \frac{75}{17} mg \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} = mg \left( \frac{75 \cdot 8}{289} - \frac{12}{25} \right)$$

$$F_{3x} = mg \frac{75 \cdot 8 \cdot 25 - 12 \cdot 289}{289 \cdot 25} = \frac{1532}{1445} mg$$

$$\text{Ответ: } 1) F_1 = \frac{26}{85} mg; 2) F_2 = \frac{64}{85} mg$$

$$3) F_3 = \frac{1532}{1445} mg$$



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  
4 ИЗ 4

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!

Значит  $Q_{12} = 8p_0V_0$

В процессе 31 газ нагреваем медленно

$$U_{31} = 9p_0V_0; A_{31} = 0 \Rightarrow Q_{31} = 9p_0V_0$$

Аналогично процессу 1-2 разберемся с 2-3:

$$\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right) = -\frac{1}{3} \frac{V}{V_0} + 4 \Rightarrow p(V) = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V + 4p_0$$

~~$$\frac{dp}{dV} = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0}$$~~

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0}$$

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{5}{2} p dV + V dp$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = 0 = \frac{5}{2} p + V \frac{dp}{dV}$$

$$0 = -\frac{1}{3} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{p_0 V}{V_0} + \frac{5}{2} \cdot 4p_0 + V \left( -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} \right)$$

$$\frac{5 \cdot 4}{2} p_0 = \frac{5 p_0 V}{6 V_0} + \frac{p_0 V}{3 V_0} = \frac{5 p_0 V}{6 V_0} + \frac{2 p_0 V}{6 V_0} = \frac{7 p_0 V}{6 V_0}$$

$$10 p_0 = \frac{7 p_0 V}{6 V_0} \Rightarrow V = \frac{60}{7} V_0 > 8 \Rightarrow \text{весь процесс}$$

2-3 газ нагреваем медленно.

Тогда  $Q_{12} = Q_{13} + Q_{32} = 9p_0V_0 + 8p_0V_0 = 17p_0V_0$

~~$$\eta = \frac{Q_{12}}{Q_{13}} = \frac{17p_0V_0}{9p_0V_0} = \frac{17}{9}$$~~

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{3p_0V_0}{17p_0V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1)  $\frac{U_{13}}{A_{12}} = 3$ ; 2)  $\frac{T_3}{T_2} = \frac{4}{3}$ ; 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  
3 ИЗ 4

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!

$$3) \quad \delta Q = dU + \delta W$$

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

$$dU = \frac{3}{2} \nu R dT = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

$$\delta W = p dV$$

$$\text{Тогда } \delta Q = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp + p dV = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5}{2} p + \frac{3}{2} V \frac{dp}{dV}$$

В точке, где газ находится равновесии  $\delta Q = 0$

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

$$-\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V + \frac{5}{2} \cdot 8p_0 + \frac{3}{2} V \cdot \left( -\frac{p_0}{V_0} \right) = 0 \quad | \cdot 2$$

$$8 \cdot 5 p_0 = 5 \frac{p_0}{V_0} V + 3 \frac{p_0}{V_0} V = 8 \frac{p_0 V}{V_0} \quad | \cdot \frac{1}{8}$$

$$5 p_0 = \frac{p_0 V}{V_0} \Rightarrow V = \tilde{V} = 5 V_0$$

$$\text{Тогда } \tilde{p} = p(\tilde{V}) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot 5 V_0 + 8 p_0 = 3 p_0$$

Значит в процессе 1-2 газ получает тепло

до точки  $\tilde{p}; \tilde{V}$ .

Тогда  $Q_{12} = W_{12} + \Delta U_{12}$  (до точки  $\tilde{p}; \tilde{V}$ .)

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

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



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 4

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!

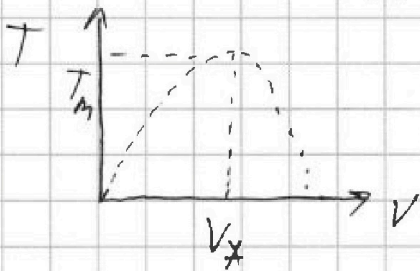
2) В процессе 1-2 ~~также~~ составим функцию зависимости  $p/p_0(V/V_0)$

$$\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right) = -\frac{V}{V_0} + \frac{8}{p_0} \cdot p_0$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0 \quad \rightarrow \quad pV$$

III.к.  $pV = \nu RT$ , то  $T(p; V) = \frac{pV}{\nu R}$

$$T(V) = \frac{-\frac{p_0}{V_0} V^2 + 8p_0 V}{\nu R} = -\frac{p_0 V^2}{\nu R V_0} + \frac{8p_0 V}{\nu R} \quad \text{— параболы}$$



$T_m$  — в вершине параболы

$$V_* = -\frac{8p_0 \cdot \nu R V_0}{\nu R \cdot 2 p_0} = \frac{8V_0}{2} = 4V_0$$

Тогда  $T_m = T(V_*) = \frac{-\frac{p_0}{V_0} \cdot 16V_0^2 + 8p_0 \cdot 4V_0}{\nu R} = \frac{16p_0 V_0}{\nu R}$

Из пункта 1:  $T_2 = \frac{12p_0 V_0}{\nu R}$

Тогда  $\frac{T_m}{T_2} = \frac{\frac{16p_0 V_0}{\nu R}}{\frac{12p_0 V_0}{\nu R}} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$

3) Разберемся где газ получает тепло  
в процессе 1-2:  $p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0 \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{V_0}$

Запишем 1 закон начала термодинамики для этого процесса.

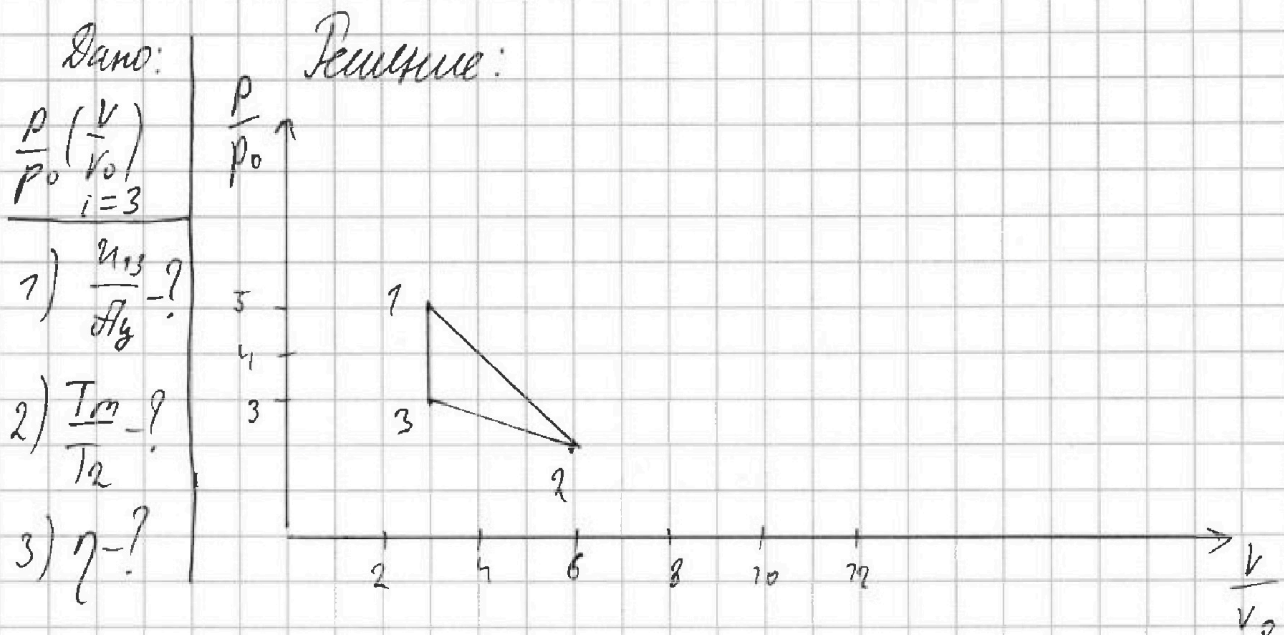
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 4

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) Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для всех точек, а также выразим для каждой  $p$  и  $V$ .

точка 1:  $p_1 = 5p_0; V_1 = 3V_0; 15p_0V_0 = \nu RT_1$

точка 2:  $p_2 = 2p_0; V_2 = 6V_0; 12p_0V_0 = \nu RT_2$

точка 3:  $p_3 = 3p_0; V_3 = 3V_0; 9p_0V_0 = \nu RT_3$

$$u_{13} = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_1V_1 - p_3V_3) = \frac{3}{2} (15p_0V_0 - 9p_0V_0)$$

$$u_{13} = \frac{3}{2} \cdot 6p_0V_0 = 9p_0V_0$$

Работу найдем как площадь внутри треугольника.

$$A_4 = \frac{1}{2} (p_1 - p_3)(V_2 - V_3) = \frac{1}{2} (5p_0 - 3p_0)(6V_0 - 3V_0) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 3V_0 = 3p_0V_0$$

Итого  $\frac{u_{13}}{A_4} = \frac{9p_0V_0}{3p_0V_0} = 3$





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  
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:

$Q, R;$  1)

$r; \varphi_0$

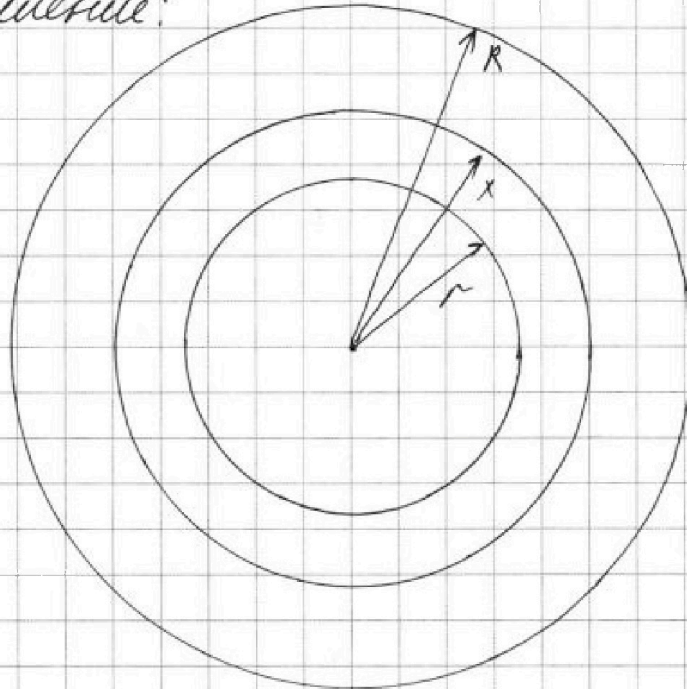
$$x = \frac{3}{4} R$$

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

1)  $\varphi_x - ?$

2)  $\mathcal{E} - ?$

Решение:



В диэлектрике индуцируется заряд  $-Q$

Разобьем полую сферу (шар) на замкнутый шар

и шар радиуса  $r$

Для замкнутого шара  $\rho = \frac{-Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$  - объемная плотность заряда

Напряженность на расстоянии  $x$  будет вычисляться

$$E(x) = \frac{k\rho \cdot \frac{4}{3}\pi x^3}{\epsilon x^2} - \frac{k\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}{\epsilon r^2} + \frac{kQ}{x^2}, \text{ если}$$

$r < x < R$ ,  $\rho \cdot \frac{4}{3}\pi x^3$  - заряд на шаре радиуса  $x$

$\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$  - заряд на шаре радиуса  $r$

Здесь учитывается поле от  $Q$ , внешняя оболочка, всё это за пределами  $x$  напряженности не создаёт!



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!

$$E(x) = \frac{k\rho}{\epsilon} \cdot \frac{4}{3} \pi (x-r) + \frac{kQ}{x^2}$$

$$E(x) = -\frac{4}{3} \pi \frac{k}{\epsilon} \frac{Q}{\frac{4}{3} \pi R^3} (x-r) + \frac{kQ}{x^2}$$

$$E(x) = -\frac{kQ}{\epsilon R^3} (x-r) + \frac{kQ}{x^2}$$

Тогда  $d\varphi = -E(x)dx$

Отсюда  $\varphi_x = \int \left( \frac{kQ}{\epsilon R^3} x - \frac{kQ}{\epsilon R^3} r - \frac{kQ}{x^2} \right) dx =$

$$= \int \frac{kQ}{\epsilon R^3} x dx - \int \frac{kQ}{\epsilon R^3} r dx - \int \frac{kQ}{x^2} dx =$$

$$= \frac{kQ x^2}{2\epsilon R^3} \Big|_{\frac{R}{2}}^{\frac{3R}{4}} - \frac{kQ r x}{\epsilon R^3} \Big|_{\frac{R}{2}}^{\frac{3R}{4}} + \frac{kQ}{x} \Big|_{\frac{R}{2}}^{\frac{3R}{4}} =$$

$$= \frac{kQ}{2\epsilon R^3} \cdot \frac{9}{16} R^2 - \frac{kQ r^2}{2\epsilon R^3} - \frac{kQ r \cdot \frac{3}{4} R}{\epsilon R^3} + \frac{kQ r^2}{\epsilon R^3} + \frac{4kQ}{3R} - \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi_x = \frac{9kQ}{32\epsilon R} - \frac{kQ r^2}{2\epsilon R^3} - \frac{3kQ r}{4\epsilon R^2} + \frac{kQ r^2}{\epsilon R^3} + \frac{4kQ}{3R} - \frac{kQ}{r}$$

Тут  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$  - постоянная Вульсона Кулона.

2)  $\varphi\left(\frac{R}{2}\right) = 6\varphi_0$ ;  $\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = 5\varphi_0$   $\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 8\varphi_0$   
из графика ...

Ответ: 1)  $\varphi_x = \frac{9kQ}{32\epsilon R} - \frac{kQ r^2}{2\epsilon R^3} - \frac{3kQ r}{4\epsilon R^2} + \frac{kQ r^2}{\epsilon R^3} + \frac{4kQ}{3R} - \frac{kQ}{r}$

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

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!

$$\mathcal{E}_{Si1} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \mathcal{E}_{Si2} = -gH \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Потому  $\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2} + \mathcal{E}_{Si1} + \mathcal{E}_{Si2} = 0$

милые, т.к. эти ЭДС "контра" имеют точки в разных направлениях

$$-nS \frac{\Delta B_1}{\Delta t} + 3nS \frac{\Delta B_2}{\Delta t} - L \frac{\Delta I}{\Delta t} - gH \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \quad / \cdot \Delta t$$

$$-nS \Delta B_1 + 3nS \Delta B_2 - 10L \Delta I = 0$$

$$-nS \Sigma \Delta B_1 + 3nS \Sigma \Delta B_2 = 10L \Sigma \Delta I$$

$$-nS \left( \frac{2B_0}{3} - B_0 \right) + 3nS \left( \frac{B_0}{12} - \frac{4B_0}{12} \right) = 10L I_K$$

$$nS \frac{B_0}{3} - 3nS \cdot \frac{2}{3} B_0 = 10L I_K$$

$$-\frac{5}{3} nS B_0 = 10L I_K \Rightarrow |I_K| = \frac{nS B_0}{6L}$$

Ответ: 1)  $\dot{I} = \frac{nS \Delta}{10L}$ ; 2)  $I_K = \frac{nS B_0}{6L}$



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:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 9L$$

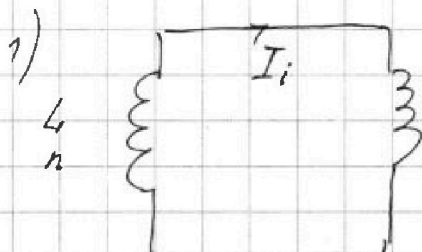
$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

$$S$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha$$

Решение:



Изменение магнитного поля в катушке  $L_1$  приводит к возникновению в ней  $\mathcal{E}_i$ .

1)  $\dot{I}$ ? В катушках возникает ток индукционный ток, в результате чего в них возникает

2)  $I_k$ ?  $\mathcal{E}_{Si1}$  и  $\mathcal{E}_{Si2}$  — ЭДС самоиндукции в 1 и 2 катушках

$$\mathcal{E}_i = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n \frac{\Delta (BS)}{\Delta t} = -nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = -nS\alpha$$

Для контура из катушек можно записать, что

$$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{Si1} + \mathcal{E}_{Si2} = 0 \quad \mathcal{E}_{Si1} = -L\dot{I}; \quad \mathcal{E}_{Si2} = -9L\dot{I}$$

$$-nS\alpha - L\dot{I} - 9L\dot{I} = 0 \quad nS\alpha = 10L|\dot{I}|$$

Отсюда  $|\dot{I}| = \frac{nS\alpha}{10L}$

2) В этом случае  $\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$  есть в обеих катушках,

Также в них есть  $\mathcal{E}_{Si1}$  и  $\mathcal{E}_{Si2}$ .

$$\mathcal{E}_{i1} = -n \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = -n \frac{\Delta (B_1 S)}{\Delta t} = -nS \frac{\Delta B_1}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{i2} = -3n \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = -3n \frac{\Delta (B_2 S)}{\Delta t} = -3nS \frac{\Delta B_2}{\Delta t}$$

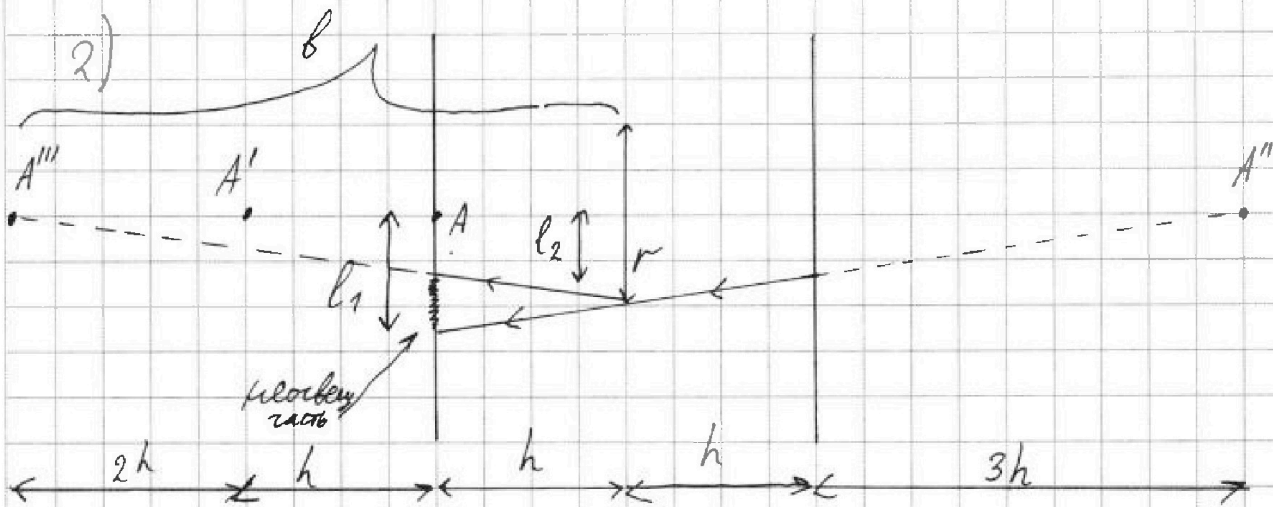
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$A$  - линзка;  $A'$  - её изображение в линзе,  $A''$  - изображение  $A'$  в зеркале  
 $A'''$  - изображение в линзе предмета  $A''$

Найдём положение  $A'''$  по формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{b} = \frac{1}{4h} + \frac{1}{b}$

$$\frac{1}{b} = \frac{2}{4h} - \frac{1}{4h} \Rightarrow b = 4h$$

Аналогично по составной системе  $\frac{l_2}{r} = \frac{3h}{4h} \Rightarrow l_2 = \frac{3}{4}r$

$$\frac{r}{l_1} = \frac{4h}{5h} \Rightarrow l_1 = \frac{5}{4}r$$

$$\text{Тогда } S_2 = \pi(l_1^2 - l_2^2) = \pi\left(\frac{25}{16}r^2 - \frac{9}{16}r^2\right) = \pi r^2$$

$$S_2 = \pi \cdot 2^2 = 4\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

Ответ: 1)  $S_1 = 7\pi$ ;  $AA'BA$

2)  $S_2 = 4\pi$ .

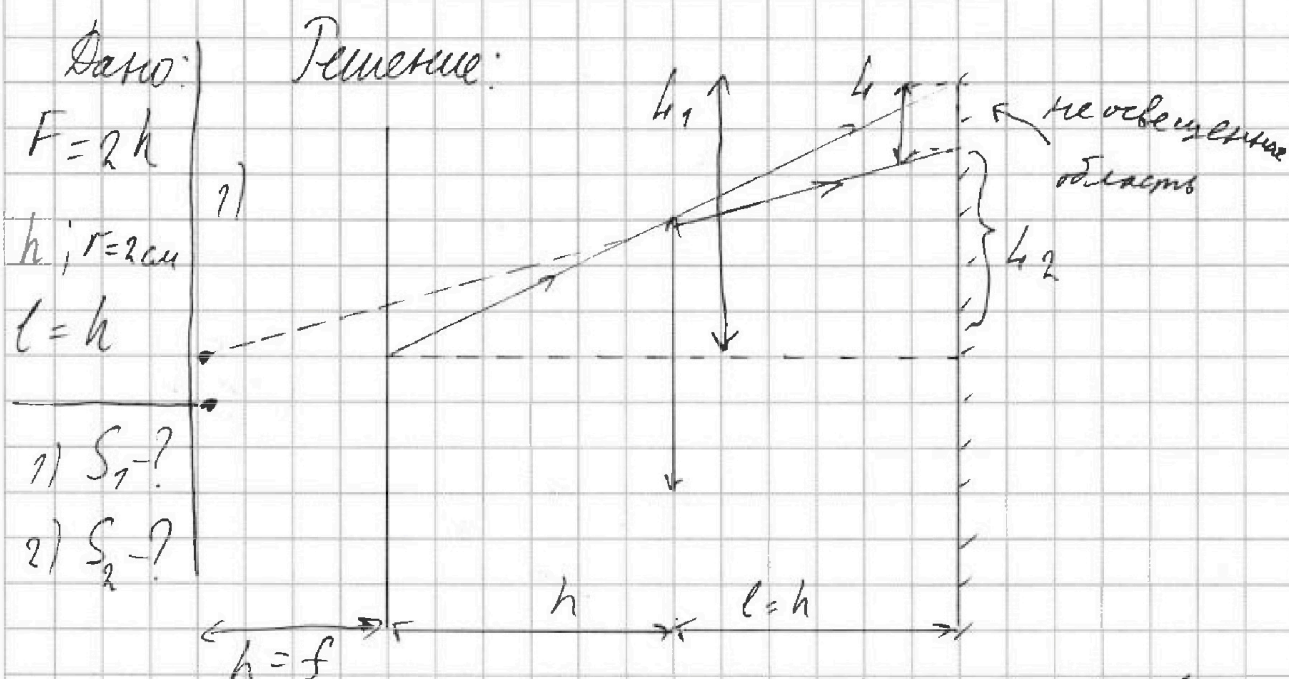
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!



Каждый свет будет отражаться в линзе:  $F = \frac{1}{h} - \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{2h} = \frac{1}{h} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{2h} - \frac{1}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f = 2h$$

Из подобия треугольников:  $\frac{r}{2h} = \frac{h_2}{3h} \Rightarrow h_2 = \frac{3}{2}r$

$$\frac{h_1}{2h} = \frac{r}{h} \Rightarrow h_1 = 2r$$

Тогда длина неосвещенной области  $h = h_1 - h_2 = \frac{1}{2}r$

Это кольцевая область  $\Rightarrow S_1 = \pi h_1^2 - \pi h_2^2 = \pi (h_1^2 - h_2^2)$

$$S_1 = \pi \left( 4r^2 - \frac{9}{4}r^2 \right) = \pi \cdot \frac{7}{4}r^2 = \frac{7}{4}\pi r^2$$

$$S_1 = \frac{7}{4}\pi \cdot 4 = 7\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

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!

Дано:

Решение:

$$\frac{\varphi}{\varphi_0}(x)$$

$$x = \frac{3R}{4}$$

$\varphi_0$

$R; Q; r$

1)  $\varphi_x = ?$

2)  $E = ?$

1) В диэлектрике индуцируется заряд суммарный  $-Q$   
Он распределен равномерно.

Тогда объемная плотность заряда будет:

$$\rho = \frac{-Q}{\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)}$$

Разобьем заряд на

2 группы (снаружи сферы и внутри сферы радиусом  $x$ )

$$\begin{aligned} \text{Тогда } q_{\text{сн}} &= \rho \cdot \frac{4}{3}\pi(R^3 - x^3) = \\ &= \rho \cdot \frac{4}{3}\pi\left(R^3 - \frac{27}{64}R^3\right) = \end{aligned}$$

$$= \rho \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot \frac{37}{64}R^3$$

$$q_{\text{сн}} = \frac{4}{3}\pi \cdot \frac{37R^3}{64} \cdot \frac{(-Q)}{\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)} = -\frac{37R^3 Q}{64(R^3 - r^3)}$$

$$\text{Аналогично } q_{\text{вн}} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi\left(\frac{27}{64}R^3 - r^3\right) =$$

$$= \frac{4}{3}\pi\left(\frac{27R^3}{64} - r^3\right) \cdot \frac{(-Q)}{\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)}$$



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  
\_ 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!

Дано:

$$L_1 = L_1$$

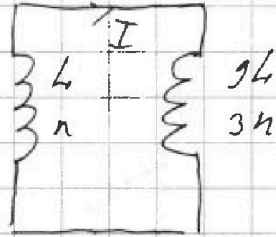
$$L_2 = 9L_1$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

$$\frac{dB}{dt} = -\alpha$$

Решение:



1) Из-за изменения магнитного поля в катушке  $L_1$ , в ней возникает ЭДС индукции  $\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(SB)}{dt} = -S\frac{dB}{dt} = S\alpha$

1)  $I$  - ?

В катушках начинается т.к. ток  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  в катушке  $L_2$  возникает ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_2 = -9L_1 I$

т.к. напряжения в катушках равны, то  $|\mathcal{E}_1| = |\mathcal{E}_2|$

Тогда  $S\alpha = 9L_1 I \Rightarrow I = \frac{S\alpha}{9L_1}$



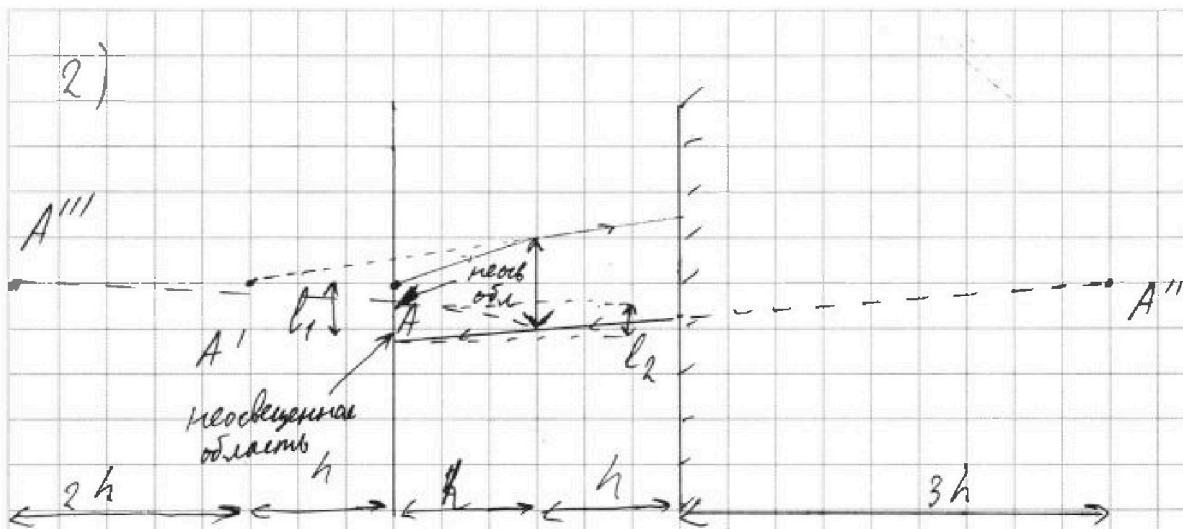


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 4

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!



Линочка  $A$ ; изображение  $A'$  в линзе  $A'$ ; в зеркале  $A''$

Если  $A''$  предмет, то изображение  $A'''$  по формуле тонкой линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{4h} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{2h} - \frac{1}{4h} = \frac{2}{4h} - \frac{1}{4h} = \frac{1}{4h}$$

Отсюда  $f = 4h$

Аналогично п. 1 из подобия получаем:

$$\frac{l_1}{3h} = \frac{r}{4h} \Rightarrow l_1 = \frac{3}{4}r \quad ; \quad \frac{l_2}{h} = \frac{r}{4h} \Rightarrow l_2 = \frac{r}{4}$$

$$\text{Тогда } S_2 = \pi l_1^2 - \pi l_2^2 = \pi \left( \frac{25}{16} r^2 - \frac{1}{16} r^2 \right) = \frac{24}{16} \pi r^2 = \frac{3}{2} \pi r^2$$

$$S_2 = \frac{3}{2} \pi \cdot 4 = 6\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

Ответ: 1)  $S_1 = 7\pi$ ; 2)  $S_2 = 6\pi$ .

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



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!

Дано:

$Q;$

$\varphi_0; R, r;$

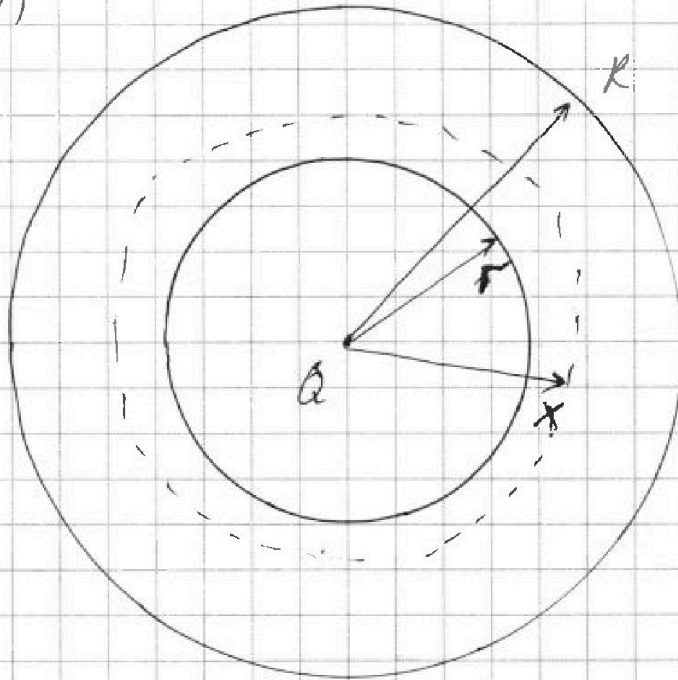
$x = \frac{3}{4}R$

$\frac{\varphi}{\varphi_0}(x)$

1)  $\varphi_x = ?$

2)  $E = ?$

Решение:



1)

В электрике индуцируется заряд  $-Q$ ; если  $x > r$ , но  $x < R$ , то найдем  $E(x)$

$$\rho = \frac{-Q}{\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)} \quad \text{— абсолютная плотность заряда}$$

Заряд внутри сферы радиусом  $x$ :  $q = \rho$

$$\varphi(x) = \rho \frac{4}{3}\pi(x^3 - r^3)$$

$$E_{(x)} = \frac{k q(x)}{\epsilon x^2} = \frac{k q(r)}{\epsilon r^2} + \frac{k Q}{x^2}$$



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  
\_ 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!

$$p_1 = 5p_0$$

$$p_2 = 2p_0$$

$$p_3 = 3p_0$$

$$V_1 = 3V_0$$

$$V_2 = 6V_0$$

$$V_3 = V_1 = 3V_0$$

$$u_{31} = \frac{3}{2} |p_3 V_3 - p_1 V_1| = \frac{3}{2} |3p_0 V_0 - 15V_0 p_0| = \frac{63}{2} p_0 V_0 = 31.5 p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} (p_1 - p_3) \cdot (V_2 - V_3)$$

$$A = \frac{1}{2} (5p_0 - 3p_0) \cdot (6V_0 - 3V_0) = \frac{2}{2} \cdot 2p_0 \cdot 3V_0 = 3p_0 V_0$$

$$\frac{u_{31}}{A} = 3$$

привести

$$\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right) = -\frac{V}{V_0} + 8 \quad / \cdot p_0 V_0$$

$$p V_0 = -V p_0 + 8 p_0 V_0$$

$$p(V_0) = -V + 8 p_0$$

$$T_2 = \frac{12 V_0 p_0}{2R}$$

$$p V_0 = 2R V$$

$$T = \frac{pV}{2R} = \frac{-V^2 + 8p_0 V}{2R}$$

$$p_+ = -\frac{p_0}{V_0} 4V_0 + 8p_0 = 4p_0$$

$$T_m = \frac{4p_0 \cdot 4V_0}{2R} = \frac{16}{2R} p_0 V_0$$

$$T' = \frac{1}{2R} (-2V + 8p_0) = 0$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0$$

$$T = \frac{-\frac{p_0}{V_0} V^2 + 8p_0 V}{2R}$$

$$T' = \frac{1}{2R} \left( -2 \frac{p_0}{V_0} V + 8p_0 \right)$$

$$\frac{T_m}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

$$T' = \frac{1}{2R} \left( -\frac{p_0}{V_0} 2V + 8p_0 \right) = 0$$

$$2 \frac{p_0 V}{V_0} = 8p_0$$

$$V = \frac{8V_0}{2} = 4V_0$$



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  
\_\_ 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!

$$p(V) = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V + 4p_0$$

$$p(V) = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V + 4p_0$$

$$\delta Q = \frac{3}{2} (pdV + vdp) + pdv = \frac{5}{2} pdV + Vdp$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{5}{2} p + V \frac{dp}{dV} \quad \left| \quad \frac{dp}{dV} = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} \right.$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = -\frac{5}{2} \frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V + \frac{5}{2} \cdot 4p_0 + V \cdot \frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} = 0$$

$$\frac{p_0 V}{V_0} = 4p_0$$

$$\frac{5}{2} \cdot 4p_0 = \frac{p_0 V}{3V_0} + \frac{5}{2 \cdot 3} \frac{p_0 V}{V_0}$$

$$10p_0 = \frac{2}{3} \frac{p_0 V}{V_0} + \frac{5}{6} \frac{p_0 V}{V_0} = \frac{7}{6} \frac{p_0 V}{V_0}$$

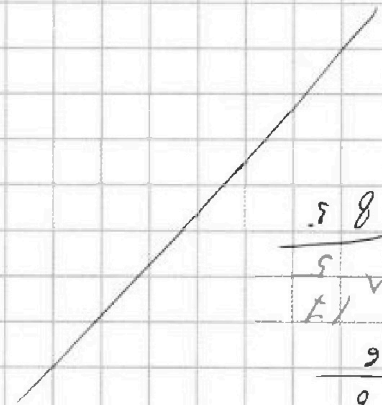
$$10 \cdot 6V_0 = 7V \Rightarrow V = \frac{60V_0}{7} > ?$$

$\int \frac{1}{x^2} = \int x^{-2} = -x^{-1} = -\frac{1}{x}$

$\int \frac{1}{x^3} = \int x^{-3} = -\frac{1}{2} x^{-2} = -\frac{1}{2x^2}$

$\int \frac{1}{x^4} = \int x^{-4} = -\frac{1}{3} x^{-3} = -\frac{1}{3x^3}$

$\int \frac{1}{x^5} = \int x^{-5} = -\frac{1}{4} x^{-4} = -\frac{1}{4x^4}$



58  
65  
17  
156  
8  
17

65  
5  
17  
17

17  
17

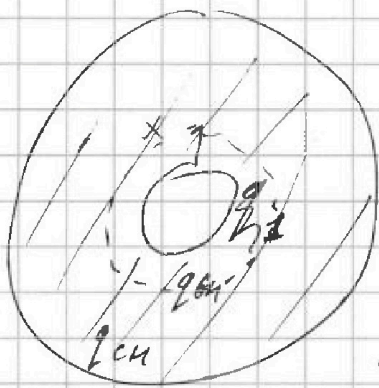


1  2  3  4  5  6  7

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!

3) Газ получает тепло в процессе 3-1;  
в процессе 1-2 от машин  $3V_0$  до  $V_* = 4V_0$



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

~~q~~

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)$$

$$\rho = \frac{3Q}{4\pi(R^3 - r^3)}$$

~~$q_{cm} = qV$~~   $q_{cm} = \rho V q = \frac{3Q}{4\pi(R^3 - r^3)} \cdot \frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3) = \frac{Q(R^3 - r^3)}{R^3 - r^3}$

$$q_{cm} = \frac{3Q}{4\pi(R^3 - r^3)} \left( \frac{2\pi}{64} R^3 - r^3 \right) \cdot \frac{4}{3}\pi = \frac{Q}{R^3 - r^3} \left( \frac{2\pi}{64} R^3 - r^3 \right)$$

$$q_{cm} = \frac{3Q}{4\pi(R^3 - r^3)} \left( R^3 - \frac{R^2}{64} R^3 \right) \cdot \frac{4}{3}\pi = \frac{Q}{R^3 - r^3} \cdot 3\pi R^3$$

$$\frac{19R}{R} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1}$$

$$\frac{19R}{R} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1}$$

$$\frac{19R}{R} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1}$$

$$\frac{19R}{R} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1} = \frac{19}{1}$$

✓!  
 $\frac{3}{4}R$

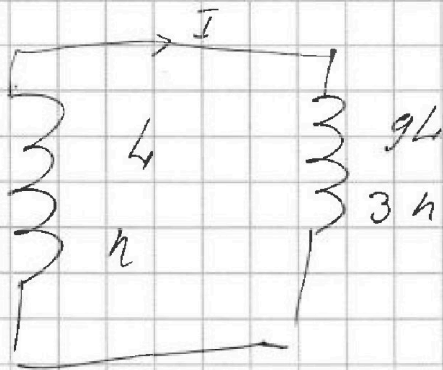


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



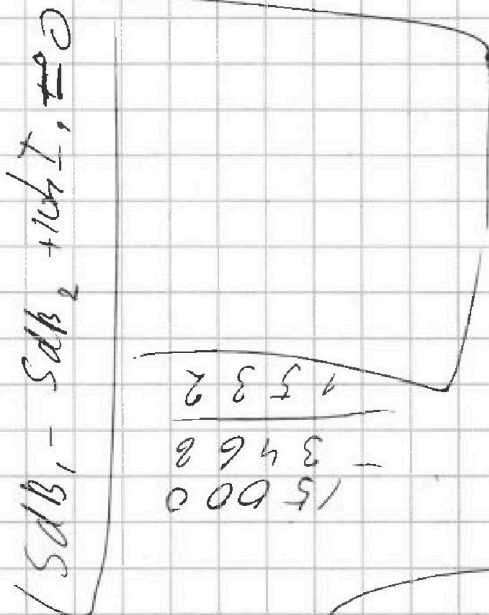
$$\begin{aligned}
 \frac{dI}{dt} &= \frac{4/3}{12} \\
 104I &= \frac{7}{3} \cdot 5h_0 - \frac{1}{4} \cdot 5h_0
 \end{aligned}$$

$$e_{L1} = - \frac{S dI}{dt} = 5x$$

$$e_{S1} = - L \dot{I} = 5x$$

5; 4; 5; 4; 5

$$\begin{aligned}
 e_{L1} - e_{L2} + e_{S1} + e_{S2} &= 0 \\
 \frac{dI}{dt} - S \frac{dI}{dt} + L \dot{I} + 9L \dot{I} &= 0
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 15000 & - 3468 \\
 8948 & - 3468 \\
 5480 & + 104I = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{L1} + e_{S1} + e_{S2} &= 0 \\
 S \dot{I} + L \dot{I} + 9L \dot{I} &= 0
 \end{aligned}$$

$$S \dot{I} = 104I$$

$$\begin{aligned}
 289 & \times 12 \\
 3468 & + 289 \\
 8948 & \times 2
 \end{aligned}$$

$$15000$$

$$3 \cdot 10^4$$

$$\frac{1}{3} = 0$$

$$\begin{aligned}
 150 & + 375 \\
 525 & \times 25 \\
 13125 & + 150 \\
 13275 & + 1875 \\
 15150 & + 1875 \\
 17025 &
 \end{aligned}$$

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

