



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

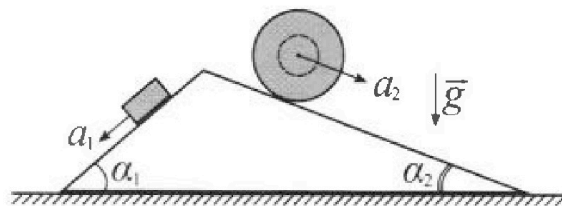


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (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 коэф. ффициентом в виде обыкновенной дроби.

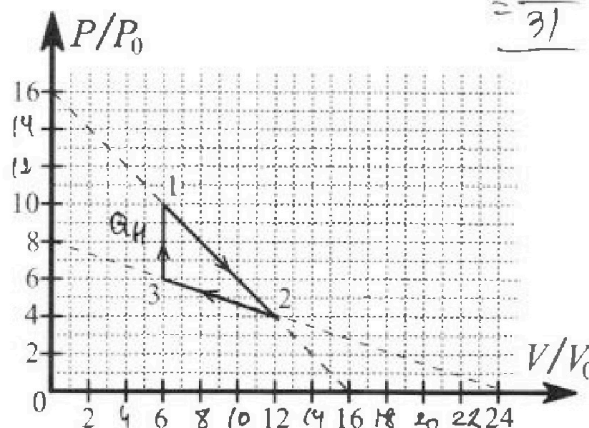


$$\zeta = \frac{R}{6} + \frac{\frac{26-51}{17}}{\frac{459}{105}} = \frac{26-51}{17} = \frac{25}{17}$$

$$\frac{180}{459} = \frac{60}{153} = \frac{20}{51}$$

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.

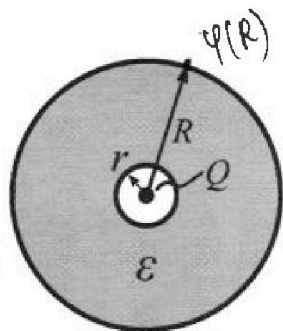
3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. 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 $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .

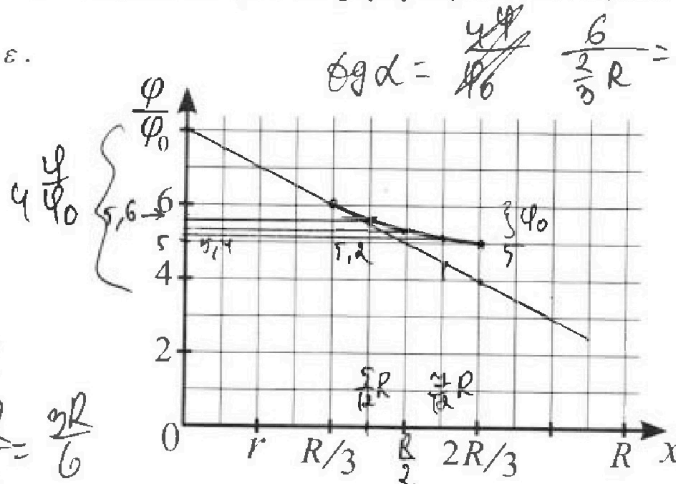
$$\frac{5R}{6} - \frac{2R}{6} = \frac{R}{6}$$

$$\frac{4R}{12} + \frac{R}{12} = \frac{5R}{12}$$

$$\frac{6R}{12} + \frac{R}{12} = \frac{7R}{12}$$



$$\frac{2R}{6} + \frac{R}{6} = \frac{3R}{6}$$



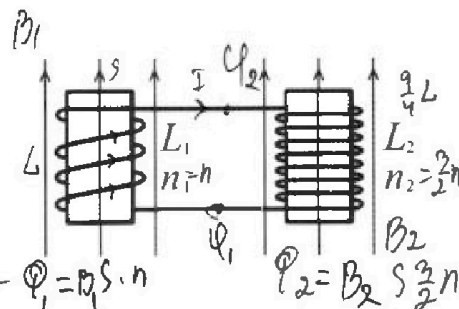
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

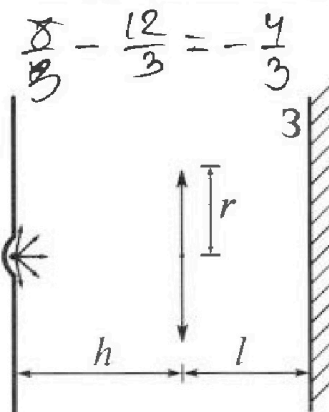
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ 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 $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.



5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ 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.

$$I_1 = -I_2$$

$$dI_1 = -dI_2$$

$$\Phi = \Delta I$$

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

$$\frac{d\Phi}{dt} = -\mathcal{E}_{\text{общ}} = (\Phi'_{\text{внеш}} + \Delta I)$$

$$-\mathcal{E}_{\text{общ}} = -\Delta n + \Delta I' = -\frac{9}{4}\Delta I'$$

$$\frac{13}{4}\Delta I' = \Delta n$$

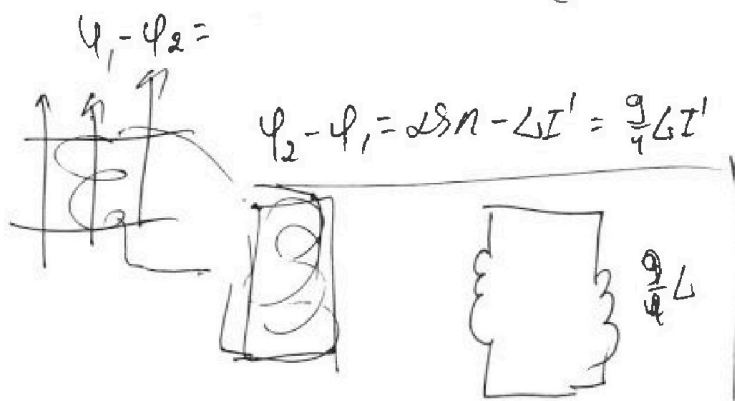
$$I' = \frac{4\Delta n}{13L}$$

$$\Phi_2 - \Phi_1 = \frac{dB_1}{dt} S n + \Delta I'$$

$$\Phi_2 - \Phi_1 = \frac{dB_2}{dt} S \frac{3n}{2} + \frac{9}{4}\Delta I'$$

$$\frac{dB_1}{dt} S n + L \Delta I_1 = \frac{3}{2} \frac{dB_2}{dt} S n + \frac{9}{4} L \Delta I_2$$

$$\frac{dB_1}{dt} S n + \frac{13}{4} L \Delta I_1 = \frac{3}{2} \frac{dB_2}{dt} S n$$



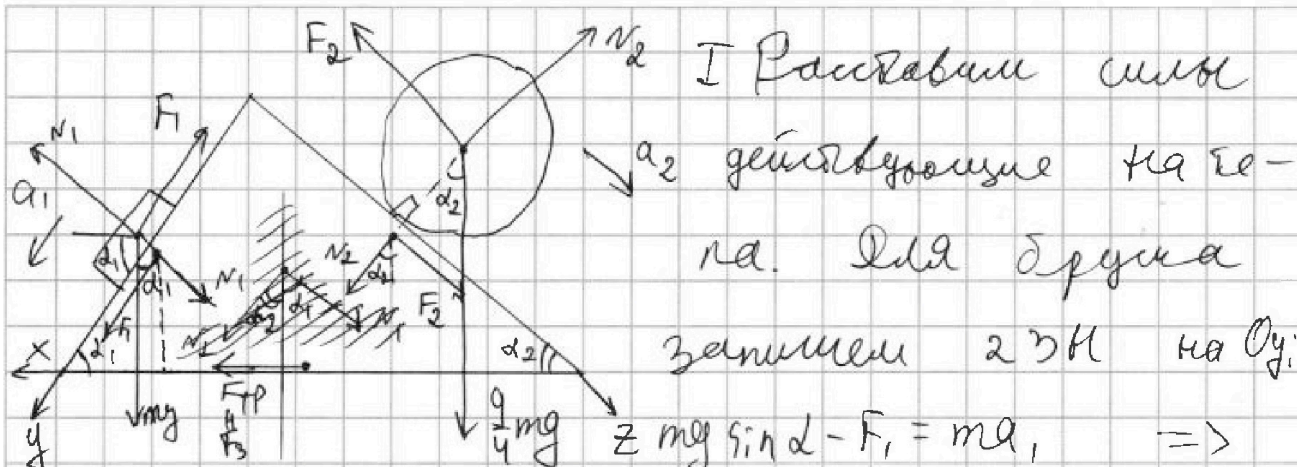


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(\frac{3}{5}g - \frac{2g}{14}\right) = mg \frac{51 - 25}{85} = \frac{26}{85} mg$$

II Для второго тела запишем Т.О. учитывая веса масс и спроецируем на Oz :

$$\begin{aligned} \frac{1}{4}mg \sin \alpha_2 - F_2 &= \frac{1}{4}ma_2 \Rightarrow F_2 = \frac{1}{4}m(g \sin \alpha_2 - a_2) = \\ &= \frac{1}{4}m\left(\frac{8}{17}g - \frac{8g}{24}\right) = \frac{8 \cdot 9}{4}mg \left(\frac{27 - 17}{459}\right) = 18mg \frac{10}{459} = \\ &= \frac{180}{459}mg = \frac{20}{31}mg \end{aligned}$$

III Предположим, что $F_3 = F_{тр}$ действующая как и мы предполагаем влево. По 2 ЗН для клина на Ox запишем:

$$F_3 + F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 = 0 \quad (1)$$

или неподвижен.

Из второго закона Ньютона для шара и



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!

Бруска длиной N_1 и N_2 :

$$N_1 = m g \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} m g$$

$$N_2 = \frac{9}{4} m g \cos \alpha_2 = \frac{9}{4} m g \cdot \frac{15}{17} = \frac{135}{68} m g$$

Возвращаясь к (1)

$$F_3 + \frac{4}{5} \cdot \frac{26}{85} m g - \frac{4}{5} m g \cdot \frac{3}{5} + \frac{135}{68} m g \cdot \frac{8}{17} - \frac{20}{31} m g \cdot \frac{15}{17} = 0$$

$$F_3 + \frac{4}{5} \left(\frac{26-85}{85} \right) m g + \frac{4}{25} m g \left(\frac{26}{17} - 3 \right) + \frac{15}{17} m g \left(\frac{9 \cdot 8}{68} - \frac{20}{31} \right) =$$

$$= -\frac{4}{25} m g \cdot \frac{25}{17} + \frac{2 \cdot 15}{17} m g \left(\frac{36 \cdot 31 - 10 \cdot 68}{2108} \right) = -\frac{4}{17} m g + \frac{30}{17} m g \frac{436}{2108}$$

$$= -\frac{4}{17} m g + \frac{30}{17} m g \frac{218}{1054} = -\frac{4}{17} m g + \frac{36}{17} m g \frac{109}{527} =$$

$$= \frac{4}{17} m g \left(\frac{109 \cdot 9}{527} - 1 \right) = \frac{4}{17} m g \frac{454}{527} = \frac{1816}{8959} m g$$

$$\text{Отв. 1) } F_1 = \frac{26}{85} m g; 2) F_2 = \frac{20}{31} m g; 3) F_3 = \frac{1816}{8959} m g$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

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

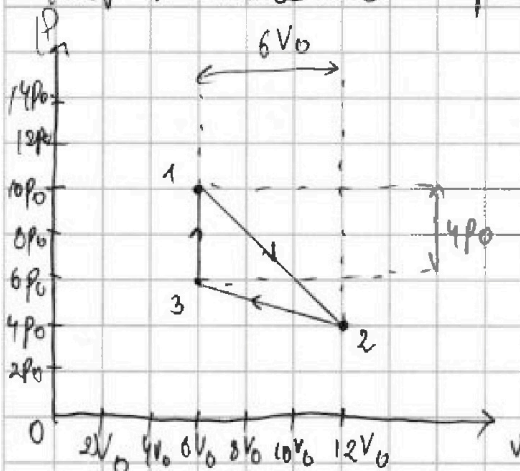
I По графику определим зависимость $\frac{P}{P_0}$ от $\frac{V}{V_0}$

для 1-2; 2-3:

$$1-2: \frac{P}{P_0} = 16 - \frac{V}{V_0} \rightarrow P = 16P_0 - \frac{P_0}{V_0}V$$

$$2-3: \frac{P}{P_0} = 8 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \rightarrow P = 8P_0 - \frac{P_0}{3V_0}V$$

Перечислав график в $P(V)$ координатах.



Работу найдем как площадь цикла: $A = \frac{1}{2} \cdot 10P_0 \cdot 6V_0 = 12P_0V_0$

$$\text{Затем, что } \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = -\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = -\frac{3}{2} (48P_0V_0 - 60P_0V_0)$$

$$= -\frac{3}{2} (12P_0V_0) = -18P_0V_0, \text{ тогда } |\Delta U_1| = 18P_0V_0$$

$$\text{Удельное сжатие } \alpha = \frac{|\Delta U_1|}{A} = \frac{18P_0V_0}{12P_0V_0} = \frac{3}{2} = 1,5$$

II Исследуем процесс 1-2:

По уравнению Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT$, тогда

$$16P_0V - \frac{P_0}{V_0}V^2 = \nu RT(1), \text{ тогда } (\nu RT)' = \nu R \frac{dT}{dV} = 16P_0 - \frac{2P_0}{V_0}V(2)$$

$$T \text{ максимально, когда } (2)=0: 16P_0 = \frac{2P_0}{V_0}V \rightarrow V = 8V_0$$

$$\text{— при таком объеме } T = T_{\max}, \text{ тогда } 16P_0 \cdot 8V_0 - \frac{P_0}{V_0}64V_0^2$$

$$= \nu RT_{\max} \Rightarrow \nu RT_{\max} = 64P_0V_0 \Rightarrow T_{\max} = \frac{64P_0V_0}{\nu R}$$

Для сжатия это уравнение Менделеева-Клапейрона:



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!

$$8p_0 \quad 36 p_0 V_0 = 2RT_3 \rightarrow T_3 = \frac{36 p_0 V_0}{2R}, \text{ тогда}$$

$$\frac{T_{111}}{T_3} = \frac{64 p_0 V_0}{2R \cdot 36 \frac{p_0 V_0}{2R}} = \frac{64}{36} = \frac{32}{18} = \frac{16}{9}$$

III Изменим 1-2 по I нок. Термодинамика:

$$\delta Q = \delta A + \frac{3}{2} 2R dT \Rightarrow \frac{\delta Q}{dV} = p + \frac{3}{2} 2R \frac{dT}{dV}, \text{ тогда}$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V + \frac{3}{2} 2R \left(16 p_0 - \frac{2 p_0 V}{V_0} \right) = 16 p_0 + \frac{p_0}{V_0} V + 24 p_0 -$$

$$- 3 \frac{p_0}{V_0} V = 40 p_0 - \frac{4 p_0}{V_0} V \quad (3)$$

Т.к. для 1-2: $dV > 0$, то работа положительна по

$$\text{соотношения } 40 p_0 - \frac{4 p_0}{V_0} V = 0 \rightarrow V = 10 V_0, \text{ тогда}$$

$$(3): \delta Q = 40 p_0 dV - \frac{4 p_0}{V_0} V dV$$

$$\text{По формуле } V = 10 V_0 \text{ проинтегрируем: } Q_{12} = 40 p_0 \cdot 4 V_0 -$$

$$- \frac{4^2 p_0}{V_0} \frac{64 V_0^2}{2} = 160 p_0 V_0 - 128 p_0 V_0 = 32 p_0 V_0$$

Аналогично проанализируем процесс 2-3:

$$8 p_0 V - \frac{p_0}{3 V_0} V^2 = 2RT, \text{ тогда } 8 p_0 - \frac{2 p_0}{3 V_0} V = 2R \frac{dT}{dV},$$

$$\text{тогда } \frac{\delta Q}{dV} = 8 p_0 - \frac{p_0}{3 V_0} V + \frac{3}{2} \left(8 p_0 - \frac{2 p_0}{3 V_0} V \right) =$$

$$= 8 p_0 - \frac{p_0 V}{3 V_0} + 12 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = 20 p_0 - \frac{4 p_0 V}{3 V_0}$$

Т.к. $dV < 0$ при в процессе 2-3, то работа

$$\text{ра положительна пока } 20 p_0 - \frac{4 p_0 V}{3 V_0} < 0$$



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
3 из 3

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

$1/20 p_0 < \frac{24 p_0 V}{3 V_0} \rightarrow 30 V_0 < 2V \rightarrow V > 15 V_0$ - видно,
что V за пределами процесса ~~от~~ 2-3, знач-
ит теплода здесь не выделяется.

3-1: процесс 3-1 изохорный, тогда $C = C_V = \frac{iR}{2} =$
 $= \frac{3}{2}R$, значит $Q_{31} = \frac{3}{2}R \cdot (T_1 - T_3) = \frac{3}{2}(60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) =$
 $= \frac{3}{2}(24 p_0 V_0) = 36 p_0 V_0 > 0 \rightarrow Q_{31} = Q_{н31}$

В идее теплода нагревателя равна $Q_H = Q_{н31} +$
 $+ Q_{н12} = 36 p_0 V_0 + 32 p_0 V_0 = 68 p_0 V_0$

значит $\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{12 p_0 V_0}{68 p_0 V_0} = \frac{6}{34} = \frac{3}{17}$

Отв: 1) 1,5 ; 2) $\frac{16}{9}$; 3) $\eta = \frac{3}{17}$

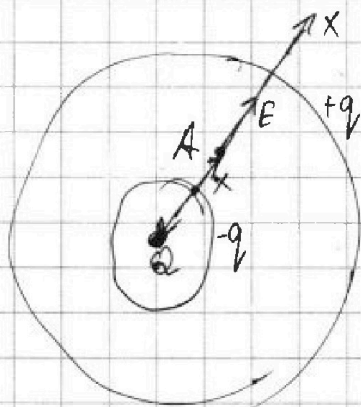


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Т.к. шар-газмеханизм, то по-
ле в нём уменьшается в ϵ
раз за счёт поляризацон-
ных зарядов $+q$ и $-q$ (см
рис). q распределяется по внеш-

ней сфере и не создаёт поля внутри, а
 $-q$ создаёт поле $E_n = \frac{kq}{x^2}$. Как же заряд
 Q создаёт поле $\frac{kQ}{x^2}$. По определе-
нию ϵ : $\frac{kQ}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} \Rightarrow Q(\frac{1}{\epsilon} - 1) = -q \Rightarrow$
 $\Rightarrow q = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} = Q(1 - \frac{1}{\epsilon})$

Рассм т.А. на расстоянии x от центра.

В ней потенциал равен. $\varphi_x = \frac{kQ}{x} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{x} =$
 $= \frac{kQ}{x} + \frac{kq}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{x\epsilon} = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x} -$
 $\frac{kQ}{R}(1 - \frac{1}{\epsilon}) + \frac{kQ}{\epsilon x} = \frac{kQ(\epsilon - 1)}{R\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon x}$ — справедливо при $R \leq x \leq r$

В точке $x = \frac{11}{12} R$: $\varphi_{11} = \frac{kQ(\epsilon - 1)}{11R\epsilon} + \frac{12kQ}{11\epsilon R} = \frac{kQ}{R\epsilon} - \frac{kQ}{\epsilon R} +$
 $\frac{12kQ}{11R\epsilon} = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{11R\epsilon}$

2) Находим $\frac{\varphi}{\varphi_0}$:



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!

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{kQ}{\varepsilon_0 \varphi_0} \left(\frac{\varepsilon_0 - 1}{R} + \frac{1}{x} \right), \text{ тогда } \int_{\frac{R}{3}}^{\frac{2R}{3}} d\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right) \cdot dx = 1 -$$

- площадь под графиком:

$$S = \frac{kQ}{\varepsilon_0 \varphi_0} \left(\frac{\varepsilon_0 - 1}{R} \right) \cdot \left(\frac{2}{3}R - \frac{R}{3} \right) + \frac{kQ}{\varepsilon_0 \varphi_0} \ln \frac{2R}{R/3} =$$

$$= \frac{kQ}{\varepsilon_0 \varphi_0} \left(\frac{\varepsilon_0 - 1}{R} \right) \cdot \frac{R}{3} + \frac{kQ}{\varepsilon_0 \varphi_0} \ln 2$$

Посчитав по клеткам площадь S : $S \approx \frac{4}{3}R$

$$\text{Из формулы } \varphi_x: \text{ в } \varphi_0 = \frac{kQ}{R\varepsilon_0} (\varepsilon_0 - 1) + \frac{3kQ}{\varepsilon_0 R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{6R\varepsilon_0} (\varepsilon_0 - 1) + \frac{kQ}{2\varepsilon_0 R}, \text{ тогда}$$

$$\frac{11}{3}R = \left(\frac{kQ}{6R\varepsilon_0} (\varepsilon_0 - 1) + \frac{kQ}{2\varepsilon_0 R} \right) = \frac{kQ}{3\varepsilon_0} (\varepsilon_0 - 1) + \frac{kQ \ln 2}{\varepsilon_0}$$

$$\frac{11}{18}kQ(\varepsilon_0 - 1) + \frac{11}{6}kQ = \frac{6kQ}{18}(\varepsilon_0 - 1) + kQ \ln 2$$

$$kQ(\varepsilon_0 - 1) \frac{11}{18} = kQ \left(\ln 2 - \frac{11}{6} \right) \Rightarrow \varepsilon_0 - 1 = \frac{18(\ln 2 - \frac{11}{6})}{5}$$

$$\varepsilon_0 = 1 + \frac{18}{5} \left(\ln 2 - \frac{11}{6} \right) \approx 1 + \frac{18}{5} \cdot \left(\frac{9}{6} - \frac{11}{6} \right) \approx$$

$\approx$

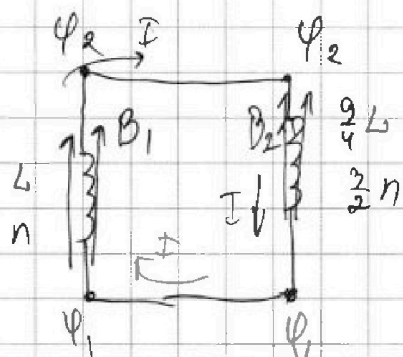


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Пусть B_1 и B_2 индукции полей справа и слева, когда

$\Phi_1 = B_1 S n$ — магн. поток пронизывающий левую катушку,

а $\Phi_2 = B_2 S \cdot \frac{3}{2} n$ — правую катушку.

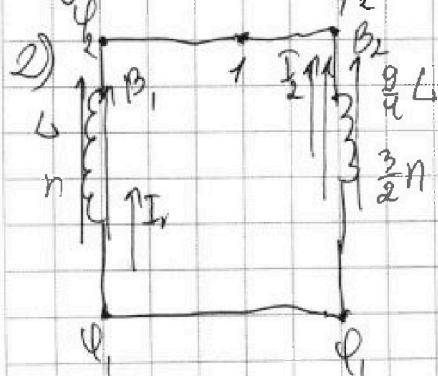
В первом случае, на катушке с уменьшающимся B_1 , создается разность потенциалов:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = - \left(\frac{d\Phi_1}{dt} + L I' \right) = - \frac{dB_1}{dt} S n + L I' = 2 S n - L \frac{dI}{dt}$$

Для второй катушки $\Phi_2 - \Phi_1 = \frac{9}{4} L I'$ — по правилу не замкну. Приравняв: $\frac{9}{4} L I' = 2 S n + L I' \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{13}{4} L I' = 2 S n \rightarrow I' = \frac{4 S n}{13 L} \text{ — скорость}$$

изменения поля в катушках.



Запишем закон электромагнитной индукции для обеих катушек:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = - \left(\frac{d\Phi_1}{dt} + L I_1' \right)$$

$$\Phi_2 - \Phi_1 = - \left(\frac{d\Phi_2}{dt} + \frac{9}{4} L I_2' \right), \text{ где}$$

I_1 — ток, который создает левая катушка, а



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!

I_2 ток который был всегда только правая.

по ЗСЗ для т.1: $I_1 = -I_2$, тогда $dI_1 = -dI_2$

$$\text{Приравняв } \psi_2 - \psi_1: -\frac{dB_1}{dt} S_n - L \frac{dI_1}{dt} = -\frac{dB_2}{dt} S \cdot \frac{3}{2} n - \frac{9}{4} L \frac{dI_2}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$-dB_1 S_n - L dI_1 = -dB_2 \cdot \frac{3}{2} S n + \frac{9}{4} L dI_1, \text{ тогда}$$

$$-dB_1 S_n + \frac{3}{2} n S dB_2 = \frac{13}{4} L dI_1$$

$$\text{Просуммировав: } -S_n \left(\frac{3}{4} B_0 - B_0 \right) + \frac{3}{2} n S \left(\frac{8}{3} B_0 - 4 B_0 \right) = \frac{13}{4} L (I_1 - 0)$$

$$\frac{1}{4} S n B_0 - \frac{2}{2} n S \frac{4}{3} B_0 = \frac{13}{4} L I_1 = -\frac{8}{4} n S B_0 + \frac{1}{4} S n B_0,$$

$$\text{Тогда } \frac{13}{4} L I_1 = -\frac{4}{4} n S B_0 \rightarrow I_1 = -\frac{4 n S B_0}{13 L} < 0 -$$

- ток течёт как I_2 на рис по моду-

$$\text{лю равенству } \frac{4 n S B_0}{13 L}$$

$$\text{Отв: 1) } \frac{4 n S n}{13 L}; 2) \frac{4 n S B_0}{13 L} = I$$

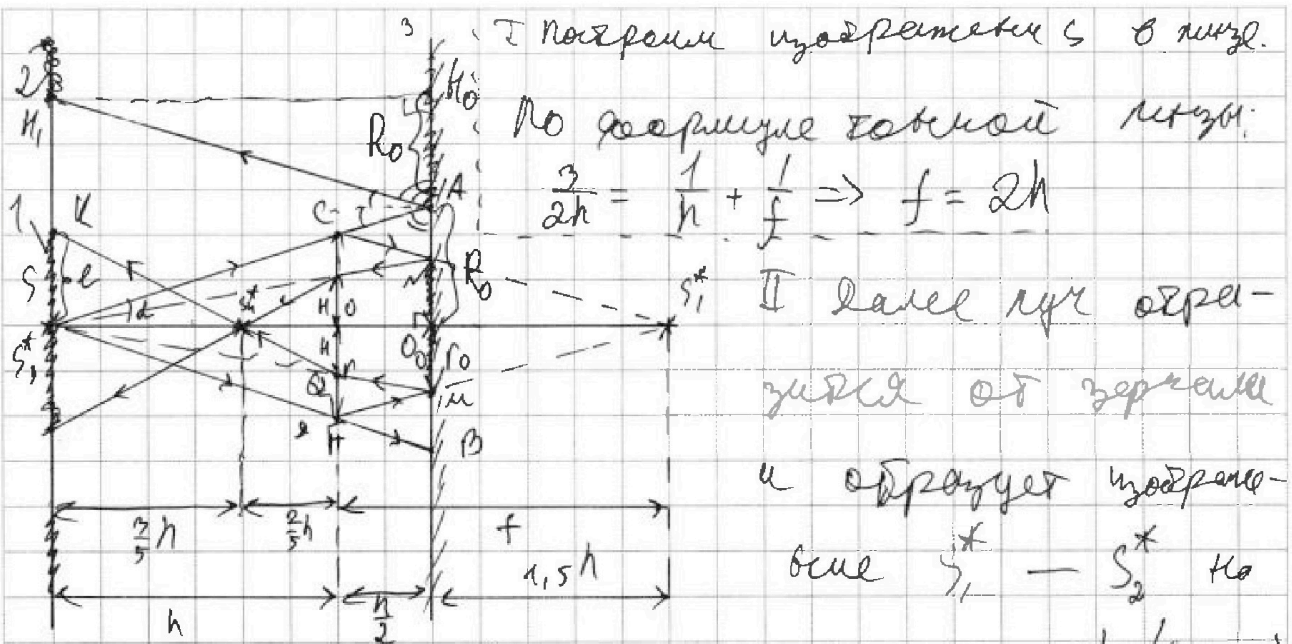


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



I Похраним изображение S в линзе.

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{3}{2h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = 2h$$

II Далее луч отрезка от зеркала

и образует изображение S_1^* — S_2^* на

расстоянии от зеркала $1,5h$. (см. рис)

Видно, что S_2^* совпадает с S .

III Линза фокусирует свет от мнимого для нее источника S_3^* по формуле тонкой линзы:

$$\frac{3}{2h} = -\frac{1}{2h} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{3+1}{2h} = \frac{4}{2h} = \frac{2}{h} \Rightarrow f_1 = \frac{h}{2}$$

IV Теперь найдем P_0 и R_0 (см. рис) рассмотрим крайние лучи которые преломляются в линзе. Лучи 1 и 2 которых меньше преломляются в линзе и падают так на линзу охватывая область 1 стекла. Лучи для которых 2 больше преломляются в линзе и образуются от зеркала



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!

полагает обратно на сферу. Из подобия $\triangle SCO \sim \triangle SQO$: $\frac{r}{R_0} = \frac{K}{2K} \rightarrow \frac{r}{R_0} = \frac{2}{3} \rightarrow R_0 = \frac{3}{2}r$

Из подобия $\triangle OMS_1^* \sim \triangle COS_1^*$: $\frac{r}{R_0} = \frac{2K}{3K} = \frac{2}{3} \rightarrow R_0 = \frac{3}{2}r$

Однако между r_0 и R_0 не совпадают по-

$$S_1 = \pi R_0^2 - \pi r_0^2 = \pi \left(\frac{9}{4}r^2 - \frac{9}{16}r^2 \right) = \frac{9\pi}{16}(4-1)r^2 = \frac{27}{16}\pi r^2$$

Найдём H : $\frac{r_0}{H} = \frac{1,5K}{K} = \frac{3}{2} \rightarrow H = \frac{2}{3}r_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2}r = r$

из подобия $\triangle S_2MO \sim \triangle SOQ$.

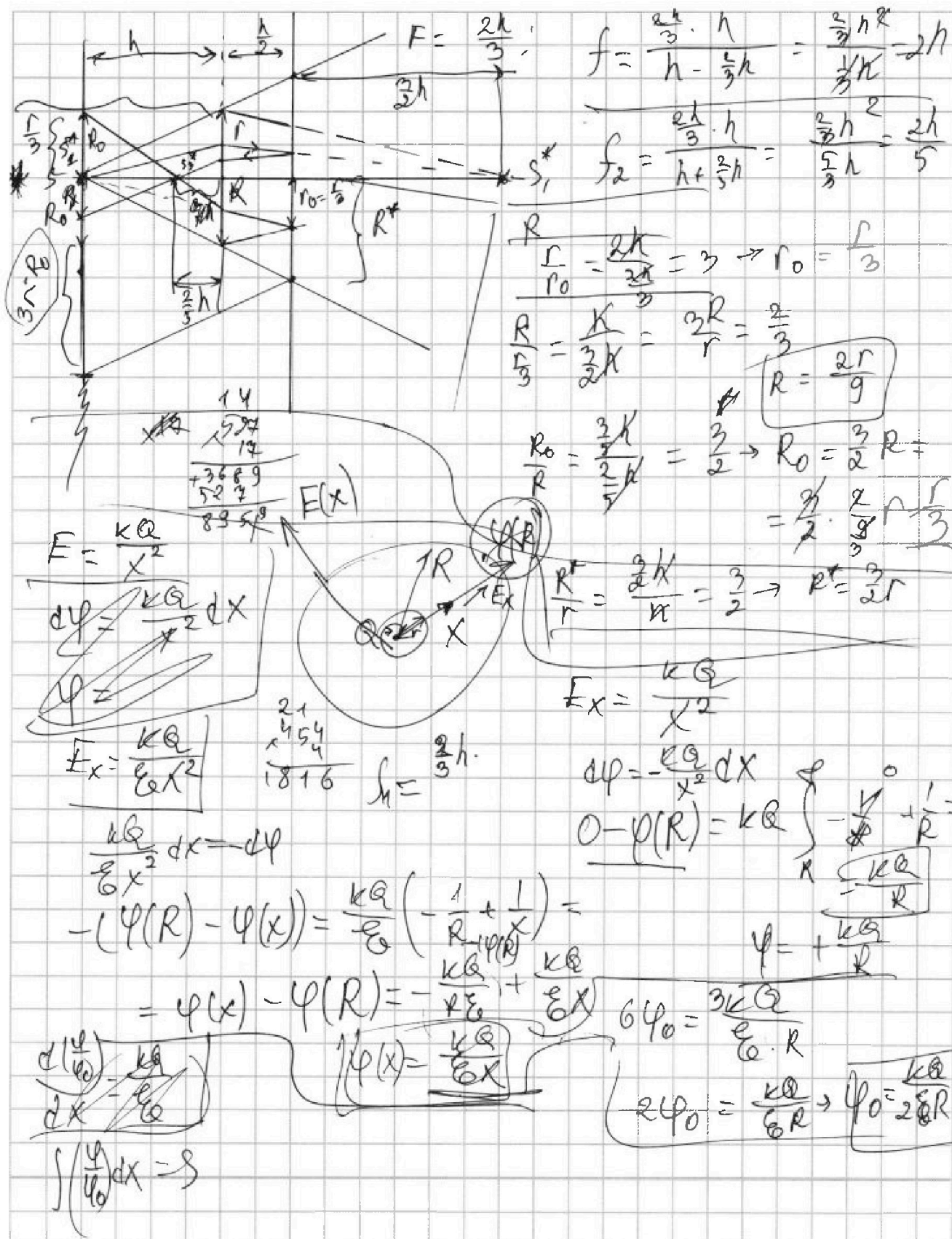
Из подобия $\triangle QOS_4^* \sim \triangle KSS_4^*$: $\frac{r}{H} = \frac{\frac{3}{2}K}{\frac{3}{2}K} = \frac{3}{2} \rightarrow r = \frac{3}{2}H = \frac{3}{2} \cdot \frac{r}{2} = \frac{3}{4}r$ - такого радиуса нет

но от центра на сфере.

Т.к. $\triangle KHM_1 \sim \triangle KOS$, то $MO = R_0$, и когда r_0 выйдет от S на $2R_0$. Расстояние между $2R_0$ и r не совпадают на сфере, тогда

$$S_2 = \pi 4R_0^2 - \pi r^2 = \pi \left(4 \cdot \frac{9}{4}r^2 - \frac{9}{16}r^2 \right) = 9\pi r^2 \left(1 - \frac{1}{16} \right) = \frac{9\pi r^2}{16} \cdot 15 = \frac{135}{16}\pi r^2$$

Ответ: 1) $S_1 = \frac{27}{16}\pi r^2$, 2) $S_2 = \frac{135}{16}\pi r^2$; $S_1 = 27\pi \text{ см}^2$
 $S_2 = 135\pi \text{ см}^2$



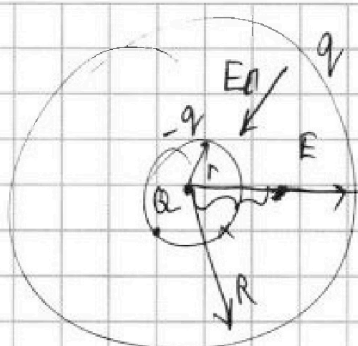


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



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

$$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon_0 x^2}$$

$$x^{-2}$$

$$\varphi = -\text{grad}(E)$$

$$\varphi = -\frac{dE(x)}{dx} = -\frac{2kQ}{\epsilon_0} \frac{1}{x^3} = \frac{2kQ}{\epsilon_0 x^3}$$

$$9.0 \leq x \leq R$$

$$\frac{E}{\epsilon_0} = E - E_n$$

$$E\left(\frac{1}{\epsilon_0} - 1\right) = -E_n$$

$$E_n = E\left(1 - \frac{1}{\epsilon_0}\right) = E \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0}$$

$$6\varphi_0 = \frac{2kQ \cdot 27}{\epsilon_0 \cdot R^3} = \frac{54kQ}{R^3 \epsilon_0} = 6\varphi_0$$

$$5\varphi_0 = \frac{2kQ \cdot 27}{\epsilon_0 \cdot 8R^3} = \frac{54kQ}{8\epsilon_0 R^3} = \frac{27kQ}{4\epsilon_0 R^3}$$

$$\varphi_0 = \frac{27kQ}{20\epsilon_0 R^3}$$

$$x^{-3}$$

$$\frac{54kQ}{R^3 \epsilon_0} = 6 \frac{27kQ}{\epsilon_0 R^3}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = -\frac{6kQ}{\epsilon_0 x^4} = -\frac{6kQ}{\epsilon_0 x^4} \quad | : \varphi_0$$

$$\frac{d\varphi}{\varphi_0 \cdot dx} = -\frac{6kQ}{\epsilon_0 \cdot \varphi_0 x^4} = -\frac{9}{R}$$

$$\frac{6kQ \cdot 81^9}{\epsilon_0 \varphi_0 \cdot R^{10}} = -\frac{9}{R}$$

$$\frac{54kQ}{\epsilon_0 \varphi_0 R^3} = -1$$

$$54kQ = \varphi_0 \epsilon_0 R^3$$

$$1 - \left(\varphi_0 - \frac{2kQ}{\epsilon_0 R^3}\right) = -2kQ \left(\frac{1}{R^3} - \frac{1}{R^3}\right)$$

$$-\varphi_0 + \frac{2kQ}{\epsilon_0 R^3} = \frac{2kQ}{R^3} - \frac{2kQ}{R^3}$$

$$\frac{d\varphi}{\varphi_0 dx} = \frac{6kQ}{\epsilon_0 x^4}$$

$$\frac{d\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)}{dx}$$

$$x^4 \left(\frac{R}{2}\right)^4 = \frac{R^4}{81}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} dx \varphi(R) = \frac{2kQ}{\epsilon_0 R^3}$$

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

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

$$-(0 - \varphi(R)) = -\frac{2kQ}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{R^3} - \frac{1}{R^3}\right)$$

$$\varphi(R) = \frac{2kQ}{\epsilon_0 R^3} = \frac{2kQ}{\epsilon_0 R^3}$$

$$-(0 - \varphi(R)) = -2kQ \left(\frac{1}{R^3} - \frac{1}{R^3}\right)$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
из

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

$$A = 12 p_0 V_0 \quad 1-2: p = 8 p_0 - \frac{p_0}{3 V_0} V$$

$$8 p_0 V - \frac{p_0}{3 V_0} V^2 = 2 R T \rightarrow 2 R T = -\frac{p_0}{3 V_0} V^2 + 8 p_0 V$$

$$T = \frac{8 p_0 \cdot 12 V_0 - \frac{p_0}{3 V_0} \cdot 144 V_0^2}{2 R} = \frac{96 p_0 V_0 - 48 p_0 V_0}{2 R} = \frac{48 p_0 V_0}{2 R} = \frac{24 p_0 V_0}{R}$$

$$2 R \frac{dT}{dV} = -\frac{2 p_0}{3 V_0} V + 8 p_0 = 0$$

$$8 p_0 = \frac{2 p_0 V}{3 V_0}$$

$$24 V_0 = V$$

$$V = 12 V_0$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{48}{36} = \frac{24}{18} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}$$

$$1-2: \delta Q = \delta A + \frac{3}{2} 2 R dT; 1-2 - \text{на } p \text{ не } p \text{ не } p: Q_{12} = \frac{10 p_0 + 4 p_0}{2} 6 V_0 +$$

$$+ \frac{3}{2} 2 R \left(\frac{48 p_0 V_0}{2 R} - \frac{8 p_0 V_0}{2 R} \right)$$

$$8 p_0 V - \frac{p_0 V^2}{3 V_0} = 2 R T$$

$$8 p_0 - \frac{2 p_0 V}{3 V_0} = 0 \rightarrow \frac{2 V}{3 V_0} = 8 \rightarrow V = \frac{24 V_0}{2} = 12 V_0$$

$$6 p_0 \cdot 10 V_0 = 2 R T_1$$

$$T_1 = \frac{60 p_0 V_0}{2 R}$$

$$1-2: p = 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$$

$$16 p_0 V - \frac{p_0}{V_0} V^2 = 2 R T$$

$$16 p_0 - \frac{2 p_0 V}{V_0} = 0$$

$$16 p_0 V_0 = 2 p_0 V \rightarrow V = 8 V_0$$

$$16 p_0 \cdot 8 V_0 - \frac{p_0}{V_0} 64 V_0^2 = 2 R T$$

$$128 p_0 V_0 - 64 p_0 V_0 = 2 R T = 64 p_0 V_0$$

$$16 p_0 - \frac{2 p_0 V}{V_0} = 2 R \frac{dT}{dV}$$

$$dT = 16 p_0 dV - \frac{2 p_0 V}{V_0} dV$$

$$\delta Q = p dV + \frac{3}{2} 2 R dT$$

$$\delta Q = 16 p_0 dV - \frac{p_0}{V_0} V dV + \frac{3}{2} 2 R (16 p_0 dV - \frac{2 p_0 V}{V_0} dV)$$

$$\delta Q = 16 p_0 dV - \frac{p_0}{V_0} V dV + 24 p_0 dV - \frac{3 p_0}{V_0} V dV$$

$$\delta Q = 40 p_0 dV - 4 \frac{p_0}{V_0} V dV$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = 40 p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V$$

$$40 p_0 = 4 \frac{p_0}{V_0} V \rightarrow V = 10 V_0$$

$$Q_H = 40 p_0 (10 V_0 - 6 V_0) - \frac{4 p_0}{V_0} \frac{100 V_0^2 - 36 V_0^2}{2} = 160 p_0 V_0 - 128 p_0 V_0 = 32 p_0 V_0$$



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!

Diagram 1: A block of mass $\frac{3}{4}m$ on an inclined plane with angle α_1 . Forces shown: N_1 (normal), F_1 (friction), F_2 (tension), F_3 (weight component). Acceleration a_1 is down the plane.

Diagram 2: A block of mass $\frac{3}{4}m$ on an inclined plane with angle α_2 . Forces shown: N_2 (normal), F_2 (tension), F_3 (weight component). Acceleration a_2 is down the plane.

Equations:

$$I: m g \sin \alpha_1 - F_1 = m a_1$$
$$F_1 = m (g \sin \alpha_1 - a_1)$$
$$\frac{9}{4} m a_2 = \frac{3}{4} m g \sin \alpha_2 - F_2$$
$$F_2 = \frac{3}{4} m (g \sin \alpha_2 - a_2)$$
$$F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$$
$$F_3 = m g \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2$$

Calculations:

$$\frac{9}{4} m a_2 = \frac{3}{4} m g \sin \alpha_2 - F_2$$
$$F_2 = \frac{3}{4} m (g \sin \alpha_2 - a_2)$$
$$F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 + F_3 = 0$$
$$F_3 = m g \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2$$

Graph: A graph of pressure P versus volume V . The y-axis is labeled P and has values $4p_0, 6p_0, 8p_0, 10p_0, 12p_0$. The x-axis is labeled V and has values $4V_0, 8V_0, 12V_0, 16V_0$. A process is shown from state 1 to state 2. State 1 is at $(4V_0, 4p_0)$ and state 2 is at $(16V_0, 12p_0)$. The process is a straight line. The area under the curve is calculated as $A = 4p_0 \cdot 6V_0 \cdot \frac{1}{2} = 12p_0V_0$.

Equations for Graph:

$$1-2: \frac{p}{p_0} = 16 - \frac{V}{V_0} \rightarrow p = 16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$$
$$2-3: \frac{p}{p_0} = 8 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \rightarrow p = 8p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V$$
$$A = 4p_0 \cdot 6V_0 \cdot \frac{1}{2} = 12p_0V_0$$
$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (48p_0V_0 - 40p_0V_0) = 12p_0V_0$$
$$36p_0V_0 = \nu R T_3 \rightarrow T_3 = \frac{36p_0V_0}{\nu R}$$



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!

$$\int_0^R \frac{kq}{\epsilon_0 x} dx = S$$

$$\int_0^R \frac{kq}{\epsilon_0} \ln \frac{2R}{x} = \frac{kq}{\epsilon_0} \ln 2 = S = 2R$$

$$\frac{R}{\epsilon} \left(\frac{11,6}{2} + \frac{11}{2} + \frac{10,2}{2} + \frac{10,6}{2} \right) = \frac{R}{12} \cdot 43,4 = 2R$$

$$kq \ln(2) = 2R \epsilon_0 \epsilon = 2R \cdot \epsilon_0$$

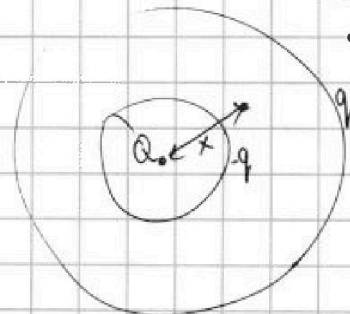
$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{kq}{\epsilon_0 R \epsilon_0} \left(\frac{R}{x} + \epsilon - 1 \right) =$$

$$6\varphi_0 = \frac{3kq}{\epsilon_0 \cdot R}$$

$$5\varphi_0 = \frac{3kq}{\epsilon_0 \cdot 2R}$$

$$\frac{6}{5} = \frac{3}{\frac{3}{2}}$$

$$E_n = \frac{kq}{x^2} = \frac{kq}{x^2} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$



$$q = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} = Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$\varphi(x) = \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{x}$$

$$\varphi(x) = \frac{kq}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} =$$

$$= \frac{kq}{x} - \frac{kq}{x} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{kq}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) =$$

$$= \frac{kq}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{\epsilon x} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} =$$

$$= kq \left(\frac{1}{\epsilon x} + \frac{1}{R} - \frac{1}{\epsilon R} \right) = \frac{kq(R + \epsilon x - x)}{\epsilon x R}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{kq}{\epsilon_0 x R \epsilon_0} (R + \epsilon x - x) \quad \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{kq}{\epsilon_0 R \epsilon_0} \left(\frac{R}{x} + \epsilon - 1 \right)$$



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

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

$$2-3: 8p_0 V + \frac{p_0}{V_0} V^2 = 2R T \quad \left| \quad 8p_0 = \frac{2p_0 V}{V_0} \rightarrow V = 4V_0 \right.$$

$$2R \frac{dT}{dV} = 8p_0 - \frac{2p_0 V}{V_0} = 0$$

$$\delta Q = \delta A + \frac{3}{2} 2R dT$$

$$\delta Q = p dV + \frac{3}{2} 2R dT$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = 8p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V + \frac{3}{2} 2R \left(8p_0 - \frac{2p_0 V}{V_0} \right) =$$

$$= 8p_0 - \frac{p_0}{3V_0} V + 12p_0 - \frac{3V p_0}{3V_0} = 20p_0 - \frac{10V p_0}{3V_0} < 0$$

$$20p_0 - \frac{10V p_0}{3V_0} = 0 \quad 2 = \frac{V}{3V_0} \rightarrow V = 6V_0$$

$$24p_0 < \frac{10V p_0}{3V_0} \\ V > 6V_0$$

$$\delta Q = 20p_0 dV - \frac{10p_0 V}{3V_0} dV$$

$$Q_{23} = 20p_0 (6V_0 - 12V_0) - \frac{10p_0}{3V_0} \frac{36V_0^2 - 144V_0^2}{2}$$

$$Q_{23} = -120p_0 V_0 + \frac{5}{3} p_0 V_0 (108)$$

$$x^{-2} \rightarrow -\frac{1}{x}$$

$$Q_{23} = -120p_0 V_0 + 180p_0 V_0 = 60p_0 V_0$$

3-1: ...

$$\varphi_0 = \frac{2kq}{6R^3}$$

$$\varphi_0 = \frac{2kq}{R^3} \left(\frac{1}{6} - 1 \right) + \frac{2kq}{R^3}$$

$$54kq = \frac{4}{6R^3} \cdot \frac{27kq}{20R^3}$$

$$-d\varphi = \frac{kq}{6x^2} dx$$

$$-(5\varphi_0 - 6\varphi_0) = \frac{2kq}{6} \left(\frac{9}{8R^3} - \frac{1}{8R^3} \right) = -\frac{2kq}{6} \cdot \frac{63}{4R^3}$$

$$\frac{2}{3} R$$

$$\varphi_0 = + \frac{63kq}{48R^3}$$

$$S = \int_{\frac{2}{3}R}^{\frac{4}{3}R} \frac{1}{\varphi_0} dx = \frac{1}{\varphi_0} \int_{\frac{2}{3}R}^{\frac{4}{3}R} \frac{2kq}{6x^2} dx$$

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

$$\varphi_0 = \frac{3kq}{28R^3}$$



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!

