



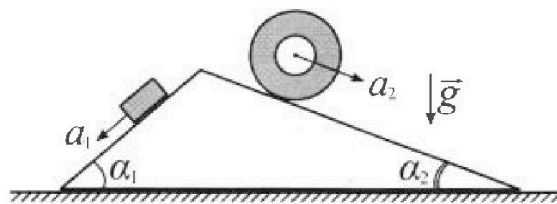
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $4m$ с ускорением $a_2 = 5g/24$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

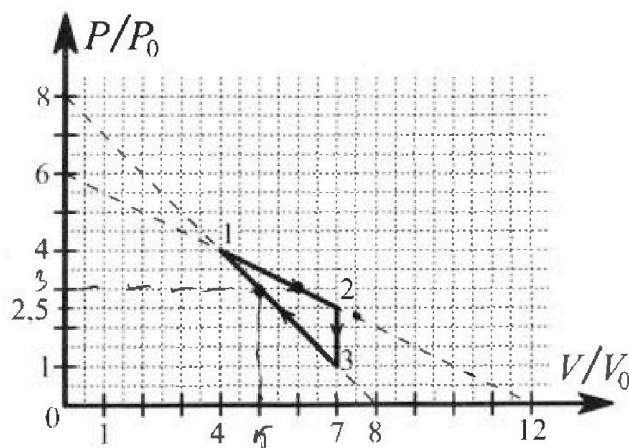


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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

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

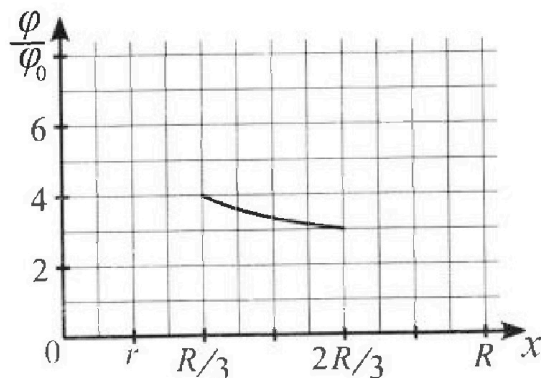
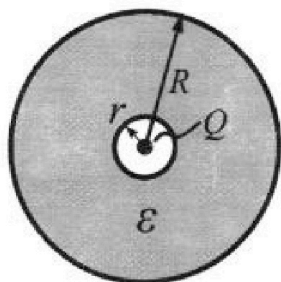
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 $x = R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



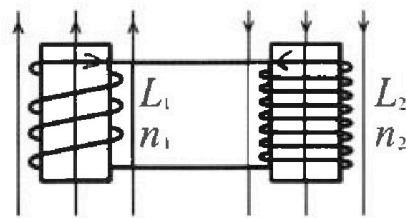
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

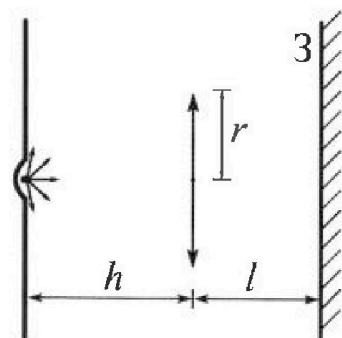


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 возрастать со скоростью $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $B_0/2$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $2B_0$ до $2B_0/3$, 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 $F = h/2$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 3$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = 2h/3$ 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 см^2 в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



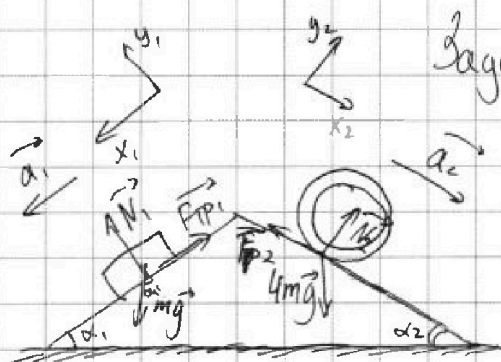
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из 2

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



Задача 11.

Решение:

1) Расставим силы, действующие на брусок и на цилиндр.

По II з. Ньютона:

$$m\vec{a}_1 = \vec{N}_1 + \vec{F}_{tr1} + m\vec{g}$$

$$4m\vec{a}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F}_{tr2} + 4m\vec{g}$$

Оу: $N_1 = mg \cos \alpha_1$

Оу: $N_2 = 4mg \cos \alpha_2$

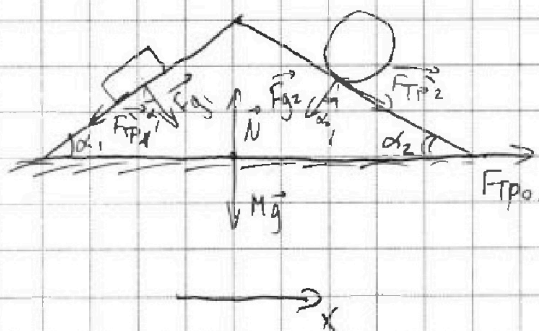
(1) Ох: $ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{tr1}$ (2) Ох: $4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{tr2}$

(1) $F_{tr1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1$

$$= \frac{3}{5}mg - \frac{5}{13}mg = \frac{39-25}{65}mg = \frac{14}{65}mg$$

(2) $F_{tr2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2 = 4 \cdot \frac{5}{13}mg - 4 \cdot \frac{5}{24}mg = \frac{120}{78}mg - \frac{65}{78}mg$
 $= \frac{55}{78}mg$

2) Рассмотрим силы, действующие на клин:



Запишем II з. Ньютона:

$$0 = \vec{F}_{tr1} + \vec{F}_{tr2} + \vec{F}_g + \vec{F}_g + \vec{N} + M\vec{g} + \vec{F}_{tr0}$$

Здесь $\vec{F}_{tr1} = -\vec{F}_{tr1}$, $\vec{F}_{tr2} = -\vec{F}_{tr2}$

$$\vec{F}_g = \vec{N}_1, \vec{F}_g = -\vec{N}_2$$

исходя из III закона Ньютона.



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.о.:

$$Ox: F_{ip0} - F_{ip1} \cos \alpha_1 + F_{g1} \sin \alpha_1 + F_{ip2} \cos \alpha_2 - F_{g2} \sin \alpha_2 = 0$$

$$F_{ip0} = N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 + F_{ip1} \cos \alpha_1 - F_{ip2} \cos \alpha_2$$

$$= 4mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_{ip1} \cos \alpha_1 - F_{ip2} \cos \alpha_2$$

$$= 4mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - mg = 4mg \cdot \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} - mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} +$$

$$+ \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{55}{78} mg \cdot \frac{12}{13} =$$

$$= \frac{240}{13 \cdot 13} mg - \frac{12}{13 \cdot 5 \cdot 5} mg + \frac{56}{13 \cdot 5 \cdot 5} mg - \frac{660}{2 \cdot 3 \cdot 13^2} mg$$

$$= \frac{36000}{13^2 \cdot 5 \cdot 6} = \frac{6000 - 2028 + 728 - 2750}{13^2 \cdot 5^2} mg =$$

$$= \frac{1950}{13^2 \cdot 5^2} mg = \frac{78}{13^2} mg = \frac{6}{13} mg$$

Ответ: 1) $F_{ip1} = \frac{14}{65} mg$

2) $F_{ip2} = \frac{55}{78} mg$

3) $F_{ip3} = \frac{6}{13} mg$



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!

Задача 12.

Решение:

1) Из графика: $p_2 = 2,5 p_0$; $p_3 = p_0$; $V_2 = 7V_0$, $V_3 = 7V_0$
 $p_1 = 4p_0$ $V_1 = 4V_0$

$$\text{Т.о. } \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (7V_0 p_0 + 2,5 \cdot 7 p_0 V_0) = \frac{3 \cdot 15 \cdot 7}{2} p_0 V_0$$

Работа будет равна площади треугольника в системе осей (pV) :

$$A_{123} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 1,5 p_0 = \frac{3 \cdot 1,5 p_0 V_0}{2}$$

$$\text{Т.о. } \frac{\Delta U_{23}}{A_{123}} = \frac{3 \cdot 15 \cdot 7 p_0 V_0}{2 \cdot 3 \cdot 1,5 p_0 V_0} = 7.$$

2) Заметим, что процесс 1-2 и 3-4 является изотермой (по условию). Т.о. из графика найдем углы наклона 12 и 13:

$$p_{12} = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V; \quad p_{13} = 8p_0 - \frac{1}{4} \frac{p_0}{V_0} V.$$

Из 1-й термодинамики:

$$Q = \Delta U + A; \quad C_V dT = C_V dT + p dV; \quad \text{знаем, что } \frac{dT}{T} = \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \text{ получаем:}$$

$$(C_V - C_V) T \left(\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) = p dV, \text{ из ур. из графика:}$$

$$\left(\frac{C_V - C_V}{R} \right) (p dV + dp V) = p dV$$



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!

$$\frac{C - C_v - R}{R} p dV = -dp V \frac{C - C_v}{R}$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_v - R}{C - C_v} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v}, \text{ где } C - \text{уд. теплоёмкость газа.}$$

Когда изотерма $C_p = \infty$, когда из адиабата, то $C_p = 0$.

Зная это найдём точки касания адиабаты и изотермы

графиков кривых 12 и 13 (изотермы только 12):

$$12: dp_{12} = -\frac{p_0}{2V_0} dV = -\frac{p_0}{2V_0} dV \quad (\text{так } df = f' dx)$$

$$\frac{-\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v} \quad \text{Решим } \frac{1}{2} (15p_0 V_0 - 7p_0 V_0) - \frac{1}{2} 2V_0 = 4p_0$$

$$\text{Изотерма: } \frac{C - C_p}{C - C_v} = 1$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = \frac{1}{V} \cdot 1$$

$$\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V$$

$$V \frac{p_0}{V_0} = 6p_0$$

$$V = 6V_0$$

$$13: dp_{13} = -\frac{p_0}{V_0} dV$$

$$\frac{-\frac{p_0}{V_0} dV}{8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$\text{Адиабата: } \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{5}{3}$$

$$\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 30p_0 - \frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V$$

$$\frac{p_0}{V_0} V = 30p_0 \Rightarrow V = \frac{15}{2} V_0 = 7,5V_0$$



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
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!

Т.о. из 1 к. термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(p_2 + p_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (-16 p_0 V_0 + 17,5 p_0 V_0) + \frac{1}{2} \cdot 6,5 p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{1}{2} \cdot 4,5 p_0 V_0 + \frac{1}{2} \cdot 13,5 p_0 V_0 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 18 p_0 V_0 = 9 p_0 V_0.$$

$$Q_{\text{нар} 13} = \Delta U_{\text{нар} 13} + A_{\text{нар} 13} = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_{\text{нар} 13} V_{\text{нар} 13}) +$$

$$- \frac{1}{2}(p_{\text{нар} 13} + p_1)(V_{\text{нар} 13} - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2}(16 p_0 V_0 - 5 p_0 \cdot 3 p_0) - \frac{1}{2} \cdot 7 p_0 \cdot V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} p_0 V_0 - \frac{7}{2} p_0 V_0.$$

$$Q_{\text{нар} 13} = \Delta U_{\text{нар} 13} + A_{\text{нар} 13} = \frac{3}{2}(p_{\text{нар} 13} V_{\text{нар} 13} - p_3 V_3) - \frac{1}{2}(p_3 + p_{\text{нар} 13}) \cdot$$

$$(V_{\text{нар} 13} - V_{\text{нар} 13}) = \frac{3}{2}(15 p_0 V_0 - 7 p_0 V_0) - \frac{1}{2} \cdot 4 p_0 \cdot 2 V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 - \frac{1}{2} p_0 V_0 = 8 p_0 V_0.$$

$$\text{Т.о. } \eta = \frac{A_{123}}{Q_{\text{нар} 13} + Q_{12}} = \frac{9 p_0 V_0}{8 p_0 V_0 + 9 p_0 V_0} = \frac{9 p_0 V_0}{68 p_0 V_0} = \frac{9}{68}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{\Delta U_{12}}{A_{123}} = 7 \quad 2) \frac{T_{\text{нар} 13}}{T_1} = \frac{9}{8} \quad 3) \eta = \frac{9}{68}$$



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!

1) 2-го. Адиабата: $\frac{0 - C_p}{0 - C_v} = \frac{5}{3}$

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{1}{V} \cdot \frac{5}{3}$$

$$3 \frac{P_0}{V_0} V = 40 P_0 - 5 \frac{P_0}{V_0} V$$

$$8 \frac{P_0}{V_0} V = 40 P_0 \Rightarrow V = 5 V_0.$$

3) Т.о. максимальная температура 12 будет в точке

касания изотермы, т.е. из 40 из. газа (значение P для этих точек совпадает с изотермой): $P_{12} = 3 P_0$, $P_{ad13} = 3 P_0$:

$$P_{12} V_{12} = J R T_{\text{max}}$$

$$P_1 V_1 = J R T_1$$

$$T_{\text{max}} = \frac{3 P_0 \cdot 6 V_0}{J R} = \frac{18 P_0 V_0}{J R}$$

$$T_1 = \frac{4 V_0 \cdot 4 P_0}{J R} = \frac{16 P_0 V_0}{J R}$$

$$\text{т.о. } \frac{T_{\text{max}}}{T_1} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}.$$

4) Т.к. процесс 12 адиабата касается 12 в точке за процессом, то вся теплота, сообщ. газу идет на нагрев.

В процессе 13 на нагрев идет только та часть теплоты, которая находится в более теплых точках $V_{ad13} = 5 V_0$:

Т.о. ~~Адиабата~~ ~~12~~



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.



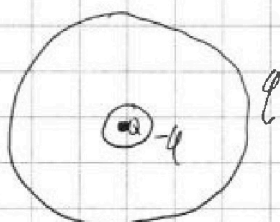
СТРАНИЦА

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!

Задача 14.

Решение:



1) На ~~ср.~~ сферах R и R ~~есть~~ будет

напряженный заряд q_1 и q_2 соотв.

А ~~т.к.~~ из с.з.: $q_1 + q_2 = 0 \Rightarrow q_1 = q = q_2 = -q$.

Из принципа суперпозиции запишем

ур. для q для $x = \frac{2}{3}R$ и $x = \frac{1}{3}R$:

$$\begin{cases} 4\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3q}{R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \\ 3\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \end{cases}$$

Решим систему:

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

$$3\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(\frac{3}{2}Q - 2\varphi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R\right)}{2R} + \frac{\left(\frac{3}{2}Q - 2\varphi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R\right)}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$3\varphi_0 = \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} - \frac{9}{16} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} + 3\varphi_0 - 2\varphi_0 + \frac{3}{8} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{32} \frac{Q}{R\pi\epsilon_0}$$

$$\text{Т.о. } q = \frac{3}{2}Q - 2 \cdot \frac{3}{32} \frac{4\pi\epsilon_0 R}{R\pi\epsilon_0} = \frac{3}{4}Q.$$



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.

☐☐☐☒☒☐☐

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!

Т.о. в точке $x = \frac{R}{4}$ потенциал:

$$\varphi_{\text{иск}} = \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{\frac{7}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{7}{16} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}.$$

2) Зная, что $\varphi_0 = \frac{3}{32} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{3}{8} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ ~~мн~~ то

Т.к. точка вне сферы, то $\epsilon R = \frac{8}{3} \Rightarrow R = \frac{8}{3\epsilon} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

Из пропорции

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_1} - \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R_1} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$$



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

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!

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$\frac{d}{dt} (|dB_1| n_1 - |dB_2| n_2) = 5 \frac{dI_0}{dt} (L_1 + L_2) \quad | \cdot dt$$

$$S_n \int_{B_0}^{\frac{B_0}{2}} |dB_1| - S_2 n \int_{2B_0}^{\frac{2B_0}{2}} |dB_2| = 5L \int_0^{I_0} dI_0$$

$$\frac{1}{2} B_0 S n - 2 S n \cdot \frac{4}{3} B_0 = 5L I_0$$

$$\frac{3}{6} B_0 S n - \frac{16}{6} S n B_0 = 5L I_0$$

$$I_0 = - \frac{13 B_0 S n}{6 \cdot 5L} \Rightarrow \text{ток в цепи в конце } I = \frac{13}{30} \frac{B_0 S n}{L}$$

Ответ: 1) $\frac{S \Delta n}{5L} = I$, 2) $I_0 = \frac{13}{30} \frac{B_0 S n}{L}$



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

1
☐2
☐3
☐4
☒5
☐6
☐7
☐

СТРАНИЦА

1 из 2

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

Задача №4.

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 4L$$

$$N_1 = n$$

$$N_2 = 2n$$

S

$$1) \alpha = \frac{dB}{dt}$$

Найти:

1) $\dot{I}_1$

2) $\dot{I}_2$

Решение:

$$1) \text{ Т.к. } \dot{E}_1 = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| n \Rightarrow \dot{E}_{11} = \left| \frac{S dB}{dt} \right| n_1 = S \alpha n_1 = S \alpha n \quad (\dot{E}_{11} -$$

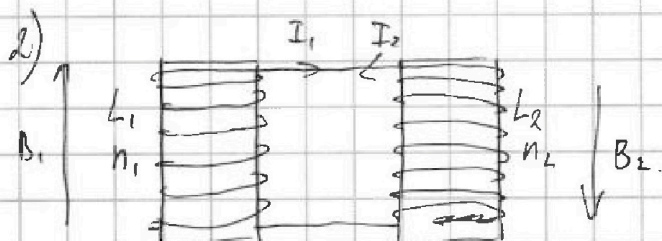
- ЭДС. индуцирующая катушки 1)

Т.к. B_2 не изменяется, то $\dot{E}_{12} = 0$.

Т.о. из 2-х н. Кирхгофа:

$$\dot{E}_{12} = \dot{I}_1 (L_1 + L_2)$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_{11}}{L_1 + L_2} = \frac{S \alpha n}{5L}$$



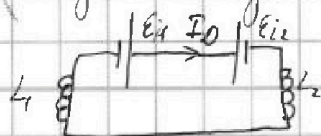
Аналогично найдем $\dot{E}_{11}$ и $\dot{E}_{12}$ для второго случая

изменение магн.:

$$\dot{E}_{11} = \left| \frac{S dB_1}{dt} \right| n_1 \quad \dot{E}_{12} = \left| \frac{S dB_2}{dt} \right| n_2$$

Пользуясь правилом правой руки определим напр. тока

в цепи и сделаем следующую схему:



Т.о. из 2-х н. Кирхгофа:



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!

Задача 15

Дано

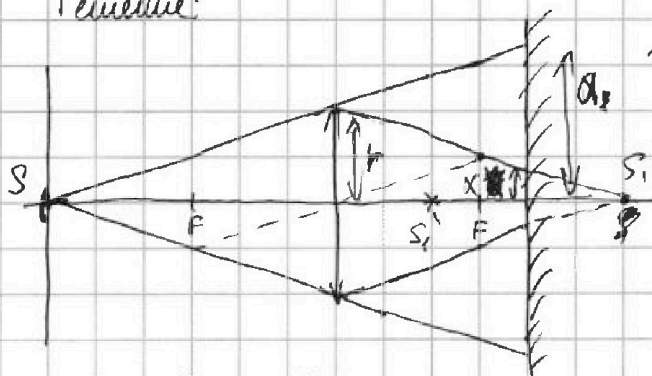
$$F = \frac{h}{2}$$

$$l = \frac{2h}{3}$$

$$r = 3 \text{ см.}$$

Найти

Решение:



1) Рассмотрим ход

луча последнего луча, попадающего на линзу, и первого, проходящего мимо.

1) S_1

S_1 - центр линзы, S_1' - центр, через 3.

линии.

2) S_2

Из фо т. линзы найдем расстояние до S_1 :

$$\frac{l}{h} + \frac{l}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{Fh}{h-F} = \frac{\frac{h}{2}h}{h-\frac{h}{2}} = h$$

Из подобия треугольников найдем a и x :

$$(1) \frac{h}{r} = \frac{h+l}{a} \quad \text{и} \quad (2) \frac{b}{r} = \frac{b-l}{x}$$

$$(1) a = \frac{h+l}{h} r = \frac{\frac{5}{3}h}{h} r = \frac{5}{3} r = 5 \text{ см}$$

$$(2) x = \frac{b-l}{b} r = \frac{\frac{1}{3}h}{h} r = \frac{1}{3} r = 1 \text{ см.}$$

т.о. $S_1 = \pi a^2$ освещенная область ^{зеркала} имеет форму кольца

$$\text{и площадь: } S_1 = \pi a^2 - \pi x^2 = \pi (25 - 1) = 24\pi \text{ см}^2$$

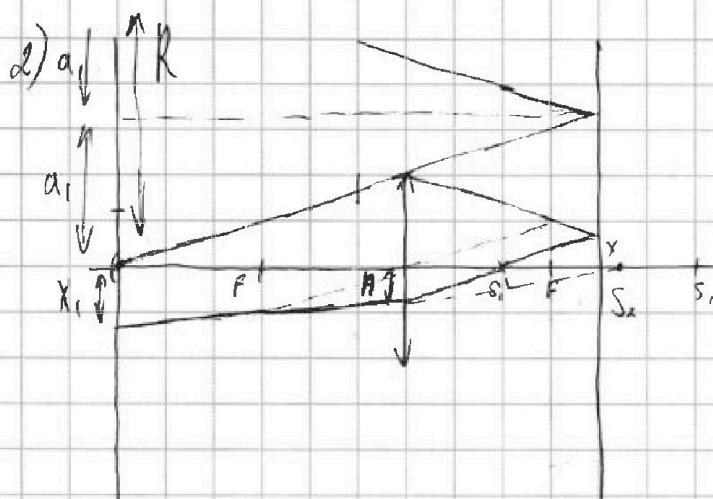


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



Т.к. после отражения от зеркала S_1' находится ~~лучи~~ в фокальной плоскости, то лучи будут расходясь. Т.о.

~~из подобия треугольников~~ из го т. линзы (в т.ч. от линзы до S_2):

$$\frac{1}{l-(b-l)} = \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow b_1 = \frac{F(l-(b-l))}{F-(l-(b-l))} = \frac{\frac{h}{2} \cdot \frac{1}{3}h}{\frac{h}{2}h - \frac{1}{3}h} = \frac{\frac{1}{6}h^2}{\frac{1}{6}h^2} = h.$$

из подобия треугольников:

$$\frac{x}{n} = \frac{b-l}{l-(b-l)} \Rightarrow x = n = 1 \text{ см.}$$

$$\frac{b_1}{n} = \frac{b_1+h}{x_1} \Rightarrow x_1 = \frac{b_1+h}{b_1} n = 2n = 2 \text{ см.}$$

Также из геометрии $R = 2a = 10 \text{ см}$

Т.о. Крив. обл. имеет форму кольца и площадь:

$$S_2 = \pi R^2 - \pi x_1^2 = \pi(100 - 4) = 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_1 = 24\pi \text{ см}^2$

2) $S_2 = 96\pi \text{ см}^2$



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.



СТРАНИЦА
___ ИЗ ___

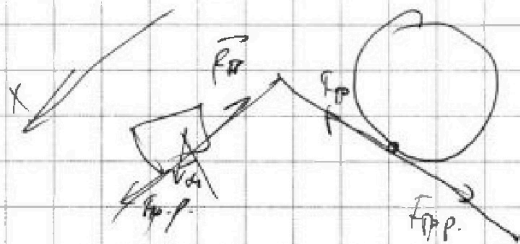
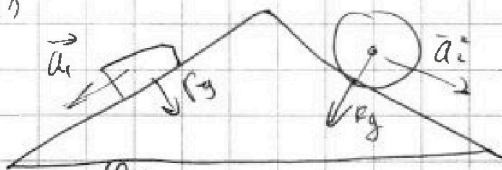
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

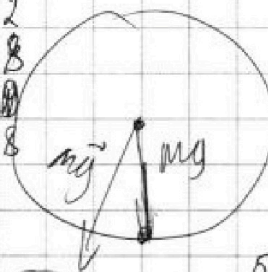
$$\begin{array}{r} 110 \\ \times 13 \\ \times 1450 \\ \times 25 \end{array}$$

$$+6000$$

$$\begin{array}{r} -6728 \\ 2028 \\ \hline 4700 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 12 \\ \times 338 \\ \times 100 \\ \hline 2028 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 1950 \ 125 \\ -200 \ 78 \\ \hline 13 \cdot 6 = \frac{6}{13} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \cdot 6 = \frac{6}{13} \\ 13^2 = \frac{6}{13} \\ 39 \ 13 \\ \hline 3 \ 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ \times 15 \\ \times 168 \\ \times 56 \\ \hline 728 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 55 \\ + 12 \\ \hline 110 \\ + 55 \\ \hline 660 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ \times 11 \\ \hline 450 \end{array}$$

$$m \vec{a}_1 = m g \sin \alpha_1 - N + F_{sp}$$

$$m a_1 = m g \sin \alpha_1 - m g \cos \alpha_1$$

$$\mu = \frac{g \sin \alpha_1 - a_1}{g \cos \alpha_1} = \frac{9 \cdot \frac{5}{13} - \frac{5}{13} g}{9 \cdot \frac{4}{13}}$$

$$4 m a_2 = 4 m g \sin \alpha_2 - 4 m g \cos \alpha_2$$

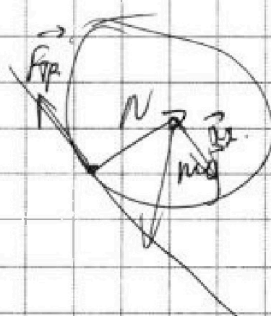
$$\begin{array}{r} 1950 \ 25 \\ 175 \ 78 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\mu = \frac{4 m g \sin \alpha_2 - 4 a_2}{4 m g \cos \alpha_2}$$

$$400 = \frac{5}{13} - \frac{3 \cdot 5}{2910} g$$

$$20 - \frac{150}{12} = \frac{110}{48}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ \times 25 \\ \times 120 \\ \times 55 \\ \hline 6000 \end{array}$$



$$13^2 \cdot 5^2 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ \times 150 \\ \times 120 \\ \times 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$13 \cdot 6$$

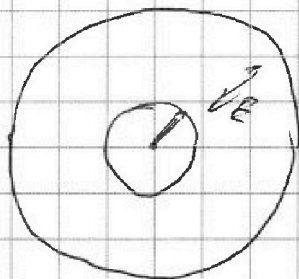


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$E_0 = E$$

$$\frac{4\pi R}{x}$$

$$\frac{2R}{5} \cdot \frac{3}{R} + 6$$

$$q = \frac{K}{x} + 6$$

$$3\varphi_0 = \frac{3K}{2R} + 6$$

$$4\varphi_0 = \frac{3K}{R} + 6$$

$$\varphi_0 = \frac{3K}{R} - \frac{3K}{2R} = \frac{3K}{2R} \quad K = \frac{2R}{3} \varphi_0$$

$$6 = 4\varphi_0 - 2\varphi_0 = 2\varphi_0$$

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

$$\varphi = \frac{KQ}{4\pi\epsilon_0 x} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad \varphi = \frac{2R}{3x} \varphi_0 + 2\varphi_0 = \frac{8}{3} \varphi_0 + 2\varphi_0 = \frac{14}{3} \varphi_0$$

$$\frac{K}{x} = \frac{R}{6}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} = \frac{14}{3} \varphi_0$$

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

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

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{14}{3} \varphi_0 \quad \varphi_0 = \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

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

$$\varphi_0 = \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi = \frac{KQ}{x} \quad R = \frac{2}{9} \frac{Q}{9\epsilon}$$

$$\varphi = 9\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x} = \frac{6}{7} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} \quad \frac{1}{x} = \frac{6}{7} \frac{1}{R} \quad x = \frac{7}{6} R$$



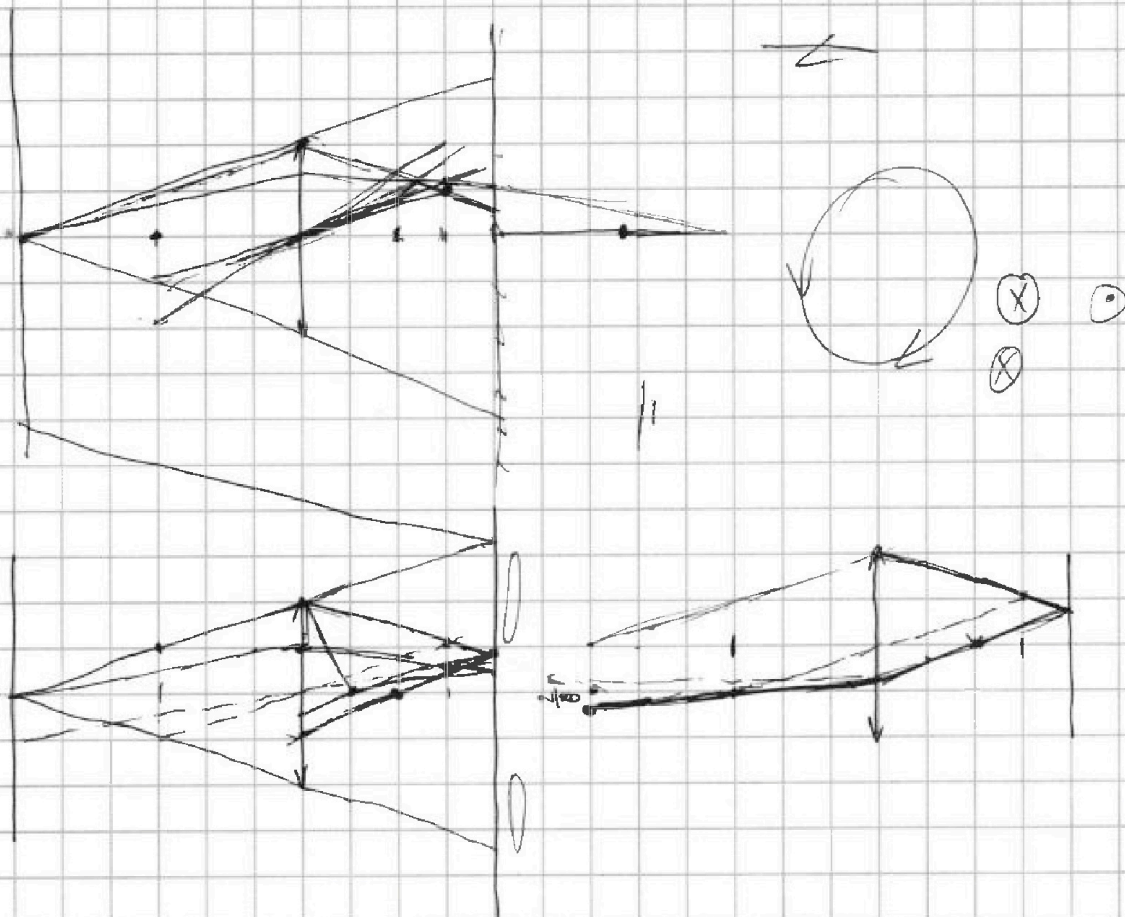
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} n = \frac{S \alpha \dot{\alpha}}{dt} n = S \alpha \dot{\alpha} n$$

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = I(L_1 + L_2)$$

$$\mathcal{E}_i = I L_1 + I L_2$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{S dB}{dt} = \frac{S dB_1}{dt} + \frac{S dB_2}{dt} = \frac{dI}{dt} (L_1 + L_2)$$

B_0

$$\mathcal{E}_1 = \frac{S dB}{dt}$$

$$\int_0^t \mathcal{E}_1 dt = \int_0^t S dB$$

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{S B_0}{t}$$

$$\int_0^t \mathcal{E}_2 dt = \int_0^t S dB$$

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{4 B_0 S}{t}$$



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
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!

$$\Delta U_{23} = ?$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} R (2.5 p_0 \cdot 7 V_0 - 1 p_0 \cdot 7 V_0) = \frac{21}{2} p_0 V_0 = \frac{63}{4} p_0 V_0.$$

$$A = \frac{1}{2} 3 V_0 \cdot 1.5 p_0 = \frac{4.5}{2} p_0 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0.$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$C_p dT = C_v dT + p dV.$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$\left(\frac{C_p - C_v}{R} \right) (dp V + dV p) = p dV$$

$$dT = T \left(\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right)$$

$$K = \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V \quad (C_p - C_v) T \left(\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) = p dV.$$

$$\left(\frac{C_p - C_v}{R} \right) (dp V + dV p) = p dV.$$

$$p = 6 p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V.$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}.$$

$$\left(\frac{C_p - C_v}{R} \right) dV p - p dV = dp V \frac{(C_p - C_v)}{R}.$$

$$C_T = \infty$$

$$C_{\text{avg}} = 0.$$

$$\left(\frac{C_p - C_v}{R} \right) p dV = dp V \frac{(C_p - C_v)}{R}.$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} \frac{C_p - C_v - R}{C_p - C_v}$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV}{p} = \frac{dV}{V} \frac{C_p - C_v}{C_p - C_v}$$

$$6 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V = \frac{dV}{V} \frac{C_p - C_v - R}{C_p - C_v}.$$

$$\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V = p.$$



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!

$$4\psi_0 = \frac{3(Q-q)}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$3\psi_0 = \frac{3(Q-q)}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$4\psi_0 - 3\psi_0 = 3Q - 3q + q$$

$$q = \frac{3}{2}Q - 2\psi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R$$

$$3\psi_0 = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{3Q}{2} - \frac{q}{2} - 6\psi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R + \frac{q}{2}$$

$$= \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R} - \frac{q}{16\pi\epsilon_0 R} + 3\psi_0 + \frac{3Q}{8\pi\epsilon_0 R} - 2\psi_0$$

$$2\psi_0 = \frac{3Q}{16\pi\epsilon_0 R}$$

$$\psi_0 = \frac{3Q}{32\pi\epsilon_0 R}$$

$$q = \frac{3Q}{2} - \frac{3Q}{16} \cdot 4 = \frac{3Q}{4}$$

$$\psi_0 = \frac{3Q}{48\pi\epsilon_0 R} \quad R = \frac{Q}{3\psi_0}$$



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
☐

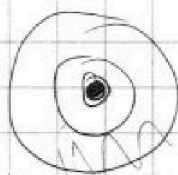
7
☐

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!

Решение: Если $r < R$, то x находится в по диаметру.

Решение:



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

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$q = q$$

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

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Решение:

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

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{3R} - \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 3R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$x \varphi =$

$$3q \cdot 4\pi\epsilon_0 3R = 2Q + 2q + 3q$$

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

$$x \varphi = \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{4q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$= \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - 12 \cdot 3q + \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} + 9q$$

$$\varphi = \frac{4Q}{2\pi\epsilon_0 R} - 2q$$