



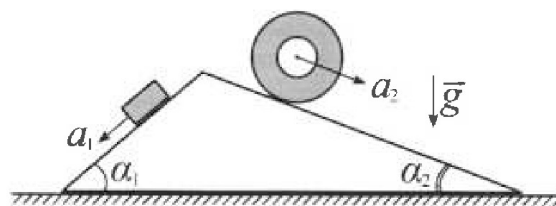
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

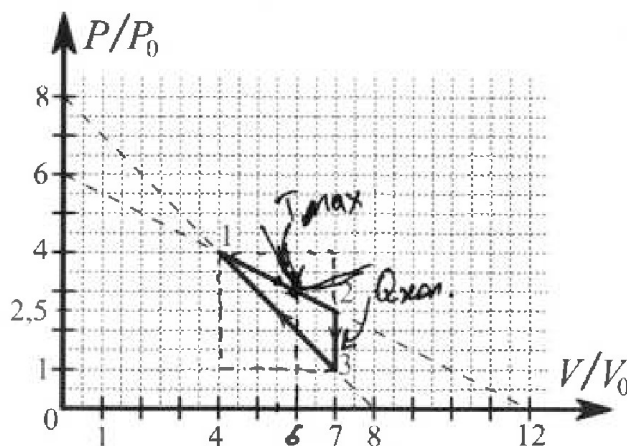


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

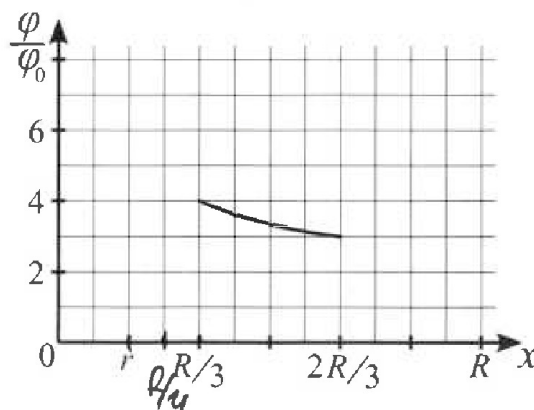
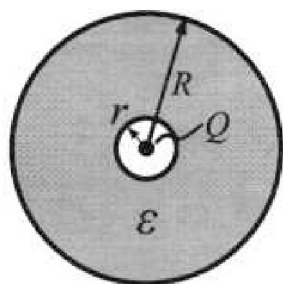
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .





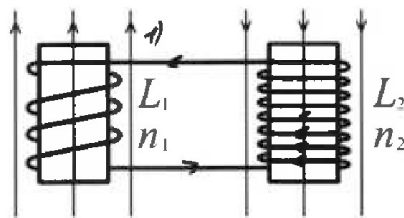
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

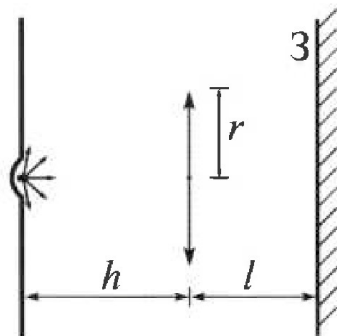


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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

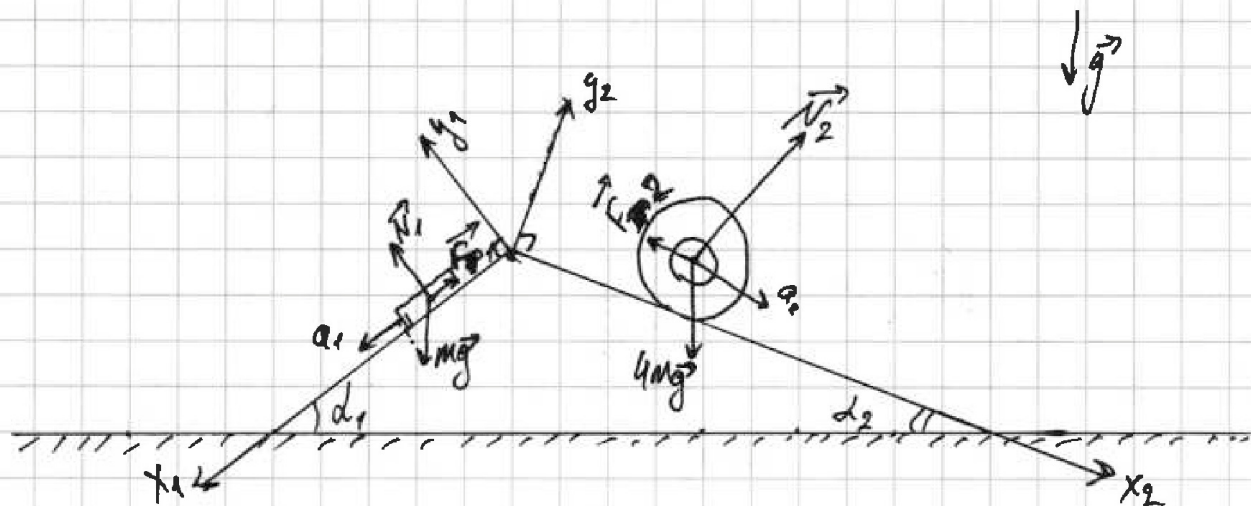


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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) Запишем II з-н Ньютона для бруса:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{fr1} + \vec{N}_1 = m\vec{a}_1$$

В проекциях: $Ox_1: mg \cdot \sin \alpha_1 - F_{fr1} = ma_1$

$$Oy_1: mg \cdot \cos \alpha_1 - N_1 = 0 \Rightarrow N_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$\Rightarrow F_{fr1} = mg \cdot \sin \alpha_1 - ma_1 = \frac{3}{5} mg - \frac{5}{13} mg = \frac{42-25}{65} mg = \frac{17}{65} mg$$

~~$F_{fr1} = \frac{42}{120} mg$~~ ~~$F_{fr1} = \frac{14}{65} mg$~~

2) Запишем II з-н Ньютона для цилиндра:

$$4m\vec{g} + \vec{F}_{fr2} + \vec{N}_2 = 4m\vec{a}_2$$

В проекциях: $Ox_2: 4mg \cdot \sin \alpha_2 - F_{fr2} = 4ma_2$

$$Oy_2: 4mg \cdot \cos \alpha_2 - N_2 = 0 \Rightarrow N_2 = \frac{48}{13} mg$$

$$\Rightarrow F_{fr2} = 4mg \cdot \sin \alpha_2 - 4ma_2 = \frac{20}{13} mg - \frac{5}{8} mg = \frac{120-65}{104} mg$$

~~$F_{fr2} = \frac{55}{104} mg$~~

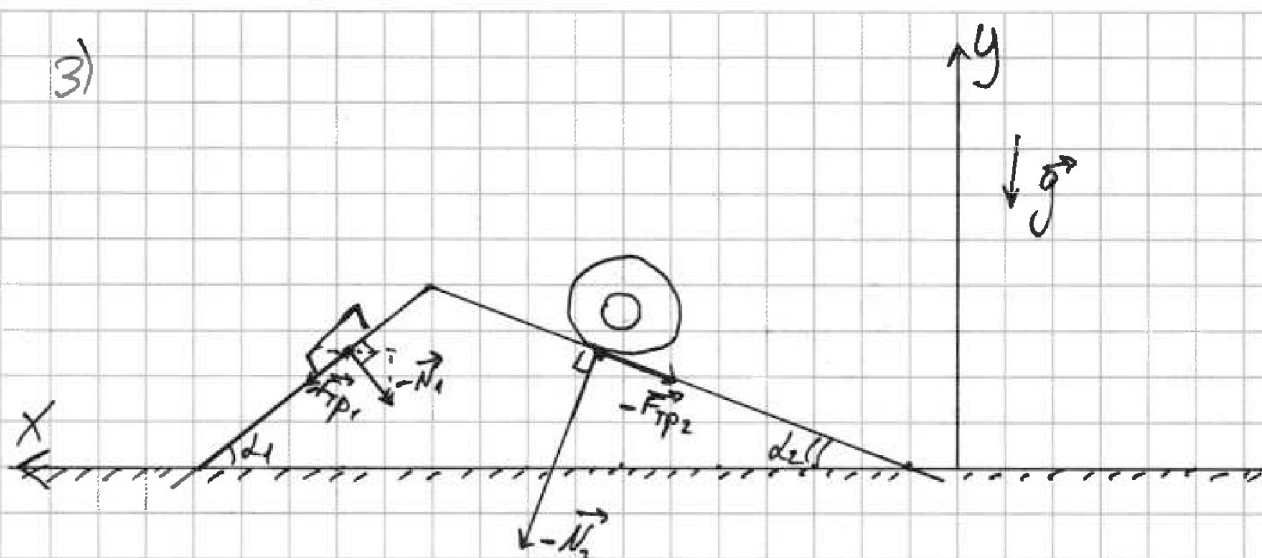


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



По III з-ну Ньютона на клин будут действовать силы, ~~показанные~~ показанные на рисунке

Запишем II з-н Ньютона для клина:

$-\vec{N}_1 - \vec{F}_{тр1} - \vec{N}_2 - \vec{F}_{тр2} + \vec{F}_{тр3} = 0$, т.к. клин остаётся в покое

В проекции на ось X: $F_{тр1} \cdot \cos \alpha_1 - N_1 \cdot \sin \alpha_1 + N_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_{тр2} \cdot \cos \alpha_2 + F_{тр3x} = 0$

$F_{тр3x}$ — ~~эта~~ проекция силы трения между стелой и клином, т.к. мы не знаем её направление

$$\Rightarrow F_{тр3x} = N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_{тр2} \cdot \cos \alpha_2 - F_{тр1} \cdot \cos \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$F_{тр3x} = \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{55}{48} mg \cdot \frac{12}{13} - \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{48}{13} mg \cdot \frac{5}{13}$$

$$F_{тр3x} = mg \cdot \left(\frac{12}{25} + \frac{55 \cdot 12}{169 \cdot 6} - \frac{14 \cdot 4}{25 \cdot 13} - \frac{48 \cdot 5}{169} \right)$$

$$F_{тр3x} = mg \cdot \left(\frac{110}{169} - \frac{240}{169} + \frac{12}{25} - \frac{56}{25 \cdot 13} \right) = mg \cdot \left(\frac{102}{25 \cdot 13} - \frac{130}{13 \cdot 13} \right)$$



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
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!

$$F_{тр3x} = mg \cdot \left(\frac{102}{25 \cdot 13} - \frac{10}{13} \right) = mg \cdot \left(-\frac{148}{325} \right)$$

⇒ сила трения между столом и рукой направлена вправо и по модулю:

$$F_3 = |F_{тр3x}| = \frac{148}{325} mg$$

Answer: 1) $F_1 = \frac{14}{65} mg$

2) $F_2 = \frac{55}{48} mg$

3) $F_3 = \frac{148}{325} mg$



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) Рассмотрим процесс 2-3:

$$V_2 = V_3; \quad p_2 = 2,5 p_0; \quad p_3 = p_0$$

Запишем для ур-е Менделеева - Клапейрона для двух состояний:

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{\nu R T_2}{\nu R T_3} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{p_3}{p_2} T_2$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R T_2 \left(\frac{1}{2,5} - 1 \right) = -\frac{9}{10} \nu R T_2$$

$$|\Delta U_{2-3}| = \frac{9}{10} p_2 V_2 = \frac{9}{10} \cdot 2,5 p_0 \cdot 4 V_0 = \frac{63}{4} p_0 V_0$$

А.г. за цикл найдем как площадь внутри цикла:

$$A_{г. за цикл} = 3 p_0 \cdot 3 V_0 - \frac{1}{2} \cdot 3 p_0 \cdot 3 V_0 - \frac{1}{2} \cdot 3 p_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{2-3}|}{A_{г. за цикл}} = \eta$$

2) Процесс 1-2 - это участок прямой на графике, уравнение которой: $p_{1-2}(V) = -\frac{6 p_0}{12 V_0} \cdot V + 6 p_0$

Для такого процесса известно, что максимальная температура достигается при $\frac{1}{2} V_{\max}$, где $V_{\max}$ - максимальная достижимый в теории объем, т.е. есть в процессе 1-2 - это $12 V_0 \Rightarrow$

$T_{\max 1-2}$ достигается при $V = 6 V_0$

Запишем уравнение состояния идеального газа в точке 1 и при $V = 6 V_0$



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!

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_{1-2}(6V_0) = \nu R T_{\max 1-2}$$

$$p_{1-2}(6V_0) = 3p_0 \Rightarrow \frac{T_{\max 1-2}}{T_1} = \frac{3p_0 \cdot 6V_0}{4p_0 \cdot 4V_0} = \frac{9}{8}$$

$$3) \eta = \frac{A_{\text{г. за цикл}}}{Q_{\text{н}}}$$

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{н} 1-2} + Q_{\text{н} 2-3} + Q_{\text{н} 3-1}$$

В процессе 2-3: $Q_{\text{н} 2-3} = 0$, т.к. газ отдаёт тепло

$$\Rightarrow Q_{\text{н}} = Q_{\text{н} 1-2} + Q_{\text{н} 3-1}$$

$$Q_{\text{н} 1-2} = \frac{5}{2} \Delta(pV) \text{ в процессе } 1-2$$

$$Q_{\text{н} 1-2} = \frac{5}{2} (2,5p_0 \cdot 4V_0 - 4p_0 \cdot 4V_0) = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{15}{4} p_0 V_0$$

$$Q_{\text{н} 3-1} = \frac{5}{2} \Delta(pV) \text{ в процессе } 3-1$$

$$Q_{\text{н} 3-1} = \frac{5}{2} (16p_0 V_0 - 3p_0 V_0) = \frac{45}{2} p_0 V_0$$

$$\Rightarrow Q_{\text{н}} = \frac{105}{4} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{105}{4} p_0 V_0} = \frac{9}{105}$$

Ответ: 1) 4

2) $\frac{9}{8}$

3) $\frac{9}{105}$



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 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!

Диэлектрик уменьшает электрическое поле внутри себя в ϵ раз.

То есть
$$E = \begin{cases} \frac{kQ}{x^2}, & \text{при } x \leq r \\ \frac{kQ}{\epsilon x^2}, & \text{при } r < x \leq R \end{cases}$$

Потенциал будет определяться так:

~~$$\varphi = \begin{cases} \frac{kQ}{x}, & \text{при } x \leq r \\ \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x^2} (x-r), & \text{при } r < x \leq R, \end{cases}$$~~

т.к. $E \cdot d = \varphi_1 - \varphi_2$, то есть E умноженное на расстояние между двумя эквипотенциальными поверхностями, ~~на~~ на которых было тогда в положении 1 и 2 равноется разности потенциалов в этих точках положениях.

~~$$\Rightarrow 1) \varphi = \begin{cases} \frac{4kQ}{R}, & \text{при } r \geq \frac{R}{4} \\ \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon (\frac{R}{4})^2} \cdot (\frac{R}{4} - r), & \text{при } r < \frac{R}{4} \end{cases}$$~~

~~$$1) \varphi = \frac{kQ}{x}, \text{ при } x \leq r$$~~

при $x > r$ и $x \leq R$: $\varphi = \frac{kQ}{r} + \int_r^x E \cdot dx$

$$\varphi = \frac{kQ}{r} + \int_r^x \frac{kQ}{\epsilon x^2} \cdot dx = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(-\frac{1}{x} + \frac{1}{r} \right)$$

~~$$\varphi(R/4) = \frac{4kQ}{R}, \text{ при } r \geq R/4$$~~



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 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!

$$\varphi(r/4) = \begin{cases} \frac{4kQ}{R}, & \text{при } r \geq R/4 \\ \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{4}{R} \right), & \text{при } r < R/4 \end{cases}$$

$$2) \varphi(R/3) - \varphi(2R/3) = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(-\frac{1}{x} \right) \Big|_{R/3}^{2R/3} = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{\varphi(R/3)}{\varphi_0} = 4 \quad \frac{\varphi(2R/3)}{\varphi_0} = 3 \Rightarrow$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) + kQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\text{из графика: } r = \frac{1}{6}R$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{7kQ}{R} + \frac{5kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{x}$$

$$\frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{7kQ}{R} + \frac{5kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{x}$$

$$\frac{kQ}{x} = \frac{7kQ}{R} + \frac{4kQ}{2\epsilon R}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{7}{R} + \frac{4}{2\epsilon R} \Rightarrow x = \frac{2\epsilon R}{14\epsilon + 4}$$

$$\varphi(R/3) = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R/3} \right) = \frac{6kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{\varphi(R/3)}{\varphi_0} = 4 \Rightarrow \frac{6kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} = \frac{6kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{\epsilon R} \Rightarrow \epsilon = \frac{1}{2}$$



На одной странице можно оформить 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!

Ответ: 1) $\varphi = \begin{cases} \frac{4kQ}{R}, & \text{при } r \geq \frac{R}{4} \\ \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{4}{R} \right), & \text{при } r < \frac{R}{4} \end{cases}$

2) $\varepsilon = \frac{1}{2}$



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
1 из 1

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

1) Магнитный поток, пронизывающий катушка:

$$\Phi = B_1 \cdot S \cdot n_1 + B_2 \cdot S \cdot n_2$$

$$\begin{cases} \mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = dS n_1 + \frac{dI}{dt} \cdot 4L \\ \mathcal{E}_i = \frac{dI}{dt} \cdot 5L \Rightarrow dS n_1 = \frac{dI}{dt} \cdot L \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dS n}{L} \end{cases}$$

магнитное поле, возникающее в катушке L_2 из-за изменения I

потому что катушки соединены последовательно

$$2) \begin{cases} \mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot S \cdot n_1 + \frac{dB_2}{dt} \cdot S \cdot n_2 \\ \mathcal{E}_i = \frac{dI}{dt} \cdot 5L \Rightarrow \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \frac{dI}{dt} \cdot 5L &= \frac{dB_1}{dt} \cdot S \cdot n_1 + \frac{dB_2}{dt} \cdot S \cdot n_2 \\ \Rightarrow \int_0^I dI \cdot 5L &= \int_{B_0}^{B_0/2} dB_1 \cdot S \cdot n + \int_{2B_0}^{2B_0/3} dB_2 \cdot S \cdot 2n \end{aligned}$$

$$|I| = \frac{Sn}{5L} \cdot \left(B_0/2 + 2 \cdot \frac{4}{3} B_0 \right) = \frac{19}{30} \cdot \frac{B_0 S n}{L}$$

Answer: 1) $\frac{dS n}{L}$

2) $\frac{19}{30} \frac{B_0 S n}{L}$

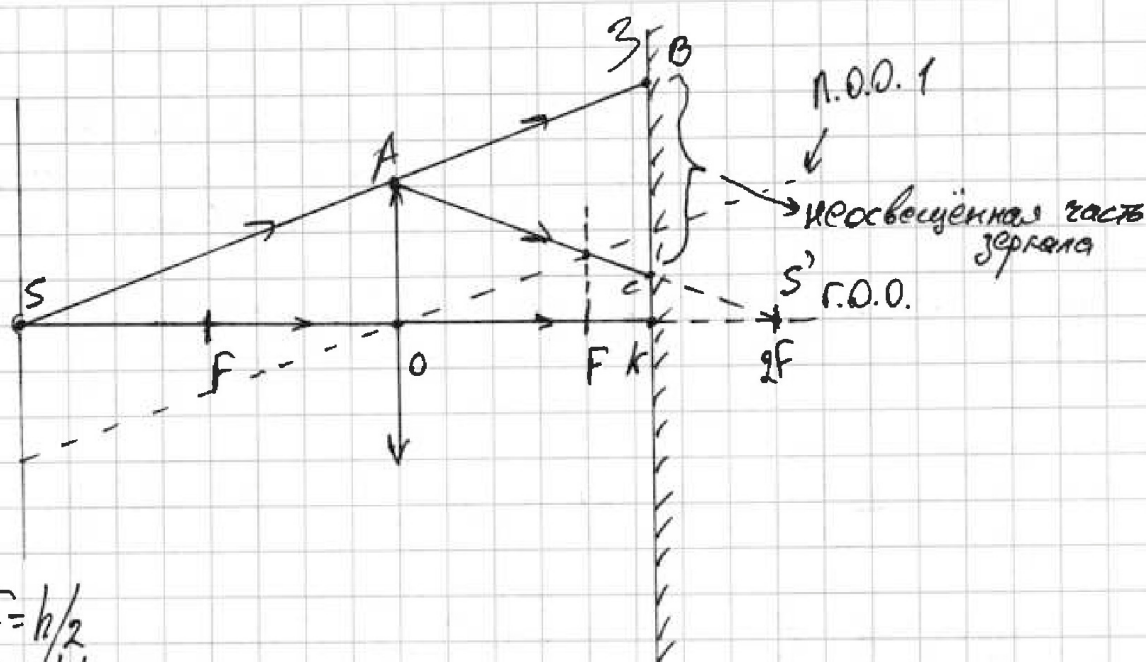


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



$$F = h/2$$

$$l = 2h/3$$

$$r = 3 \text{ см}$$

Т.О - оптический центр линзы; Т.К - точка пересечения ГДО и З;
Т.А - верхняя точка линзы;
Т.В - точка в которую падает луч, идущий чуть-чуть выше точки А из лампочки (S)

1) $\triangle SOA \sim \triangle SKB$ (по двум углам): $\angle ASO$ - общий,
 $\angle SOA = \angle SKB = 90^\circ$

$$\Rightarrow \frac{AO}{BK} = \frac{SO}{SK} \quad (AO = r; SO = h; SK = SO + l)$$

$$\Rightarrow BK = \frac{AO \cdot SK}{SO} = \frac{r \cdot (h + \frac{2}{3}h)}{h} = \frac{5}{3}r = 5 \text{ см} - \text{радиус}$$

светлого пятна, которое должно было быть на зеркале, если бы не было линзы. Если не учитывать преломления линзой лучи, то это радиус тёмного пятна.

Найти радиус светлого пятна, образованного преломлёнными



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 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!

лучами.

Если бы не было бы зеркала, то S' — изображение лампочки S в линзе. Т.е. S находится на расстоянии $2F$ от линзы, S' тоже находится на расстоянии $2F$ от линзы.

Получается: $\triangle S'OA \sim \triangle S'KC$ (по двум углам): $\angle OS'A$ — общий,
 $\angle AOS' = \angle CKS' = 90^\circ$

$$\Rightarrow \frac{CK}{AO} = \frac{S'K}{S'O} \quad (S'O = 2F; AO = r; S'K = S'O - l)$$

$$\Rightarrow CK = \frac{S'K \cdot AO}{S'O} = \frac{(2 - \frac{2}{3}) \cdot r}{2} = \frac{1}{3}r = 1 \text{ см}$$

Площадь неосвещённой части зеркала будет равняться разности площади пятна с радиусом BK и площади пятна с радиусом CK . Т.е. Лучи, идущие выше точки A из S не будут преломляться линзой, а ударят выше т. B зеркала будет полностью освещённо.

$$S_3 = \pi \cdot (BK^2 - CK^2) = 24\pi \text{ см}^2$$

2) Лучи, падающие на зеркало выше т. B , отразятся и осветят стену выше т. D . При этом $SD = 2BK$, т.е. $SP = BK$, как расстояние между перпендикулярами к двум паралл. прямым, и $\triangle SPB = \triangle DPB$ по 2-му признаку (PB — общий; $\angle SPB = \angle DPB = 90^\circ$; $\angle SBP = \angle DBP$ как углы падения и углы отражения)

Чтобы узнать площадь неосвещённой части стены, нужно узнать радиус светлого пятна, образованного лучами, прошедшими системой Линза-Зеркало.

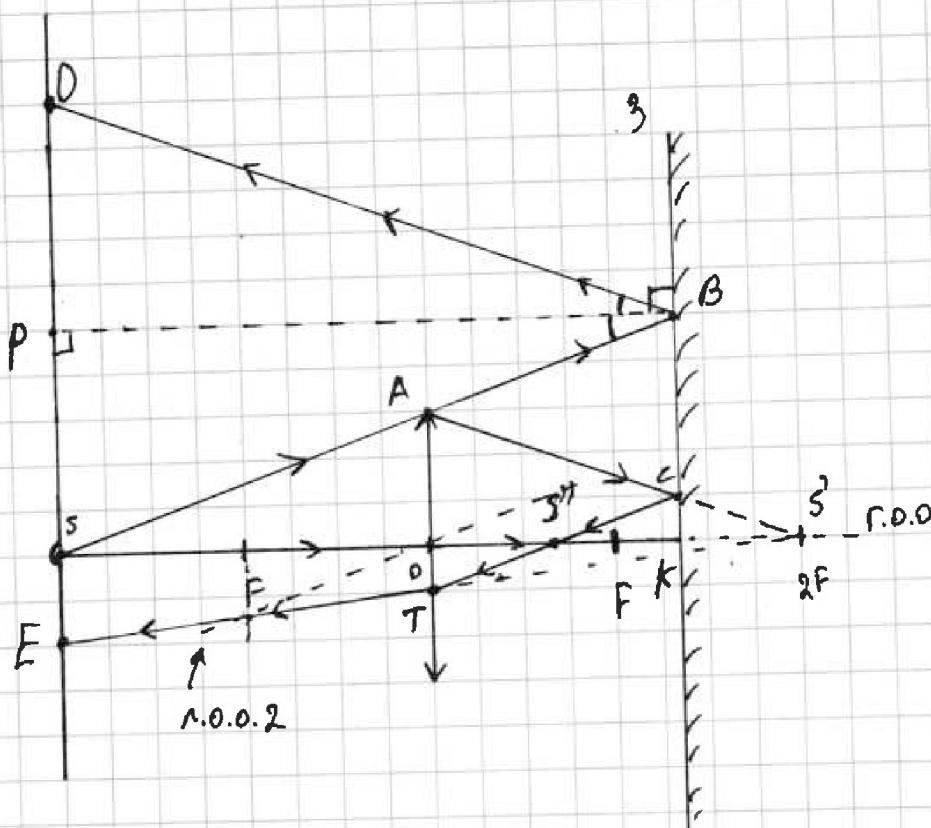


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



S'' - изображение S в системе Линза - Зеркало. S'' будет располагаться на таком же расстоянии от зеркала, что и S , но по другую сторону

$\Rightarrow S''K = SK = \frac{1}{3}K \Rightarrow S''$ находится по середине между Линзой и зеркалом $\Rightarrow SK = OT$ (т.к. $\triangle CS''K \sim \triangle TS'O$)

После преломления лучей в линзе второй раз, они как будто будут идти из S' , проходя не выше, чем T , точнее не выше, чем T от T . Это доказывается с помощью формулы тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{2}{3}F} - \frac{1}{X} \Rightarrow \frac{1}{X} = \frac{1}{\frac{2}{3}F} - \frac{1}{F} \Rightarrow X = 2F$$

$\Rightarrow \triangle S'OT \sim \triangle S'SE$ (по двум углам): $\angle OS'T$ - общий
 $\angle ESS' = \angle TOS' = 90^\circ$



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
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!

$$\Rightarrow \frac{SE}{OT} = \frac{SS'}{S'O} \quad (OT = CK; SS' = 4F; S'O = 2F)$$

$$\Rightarrow SE = \frac{SS' \cdot OT}{S'O} = 2OT = 2 \text{ см}$$

$$\Rightarrow S_{\text{Г.}} = \pi(SO^2 - SE^2) = \pi((2BK)^2 - SE^2) = 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $24\pi \text{ см}^2$
2) $96\pi \text{ см}^2$

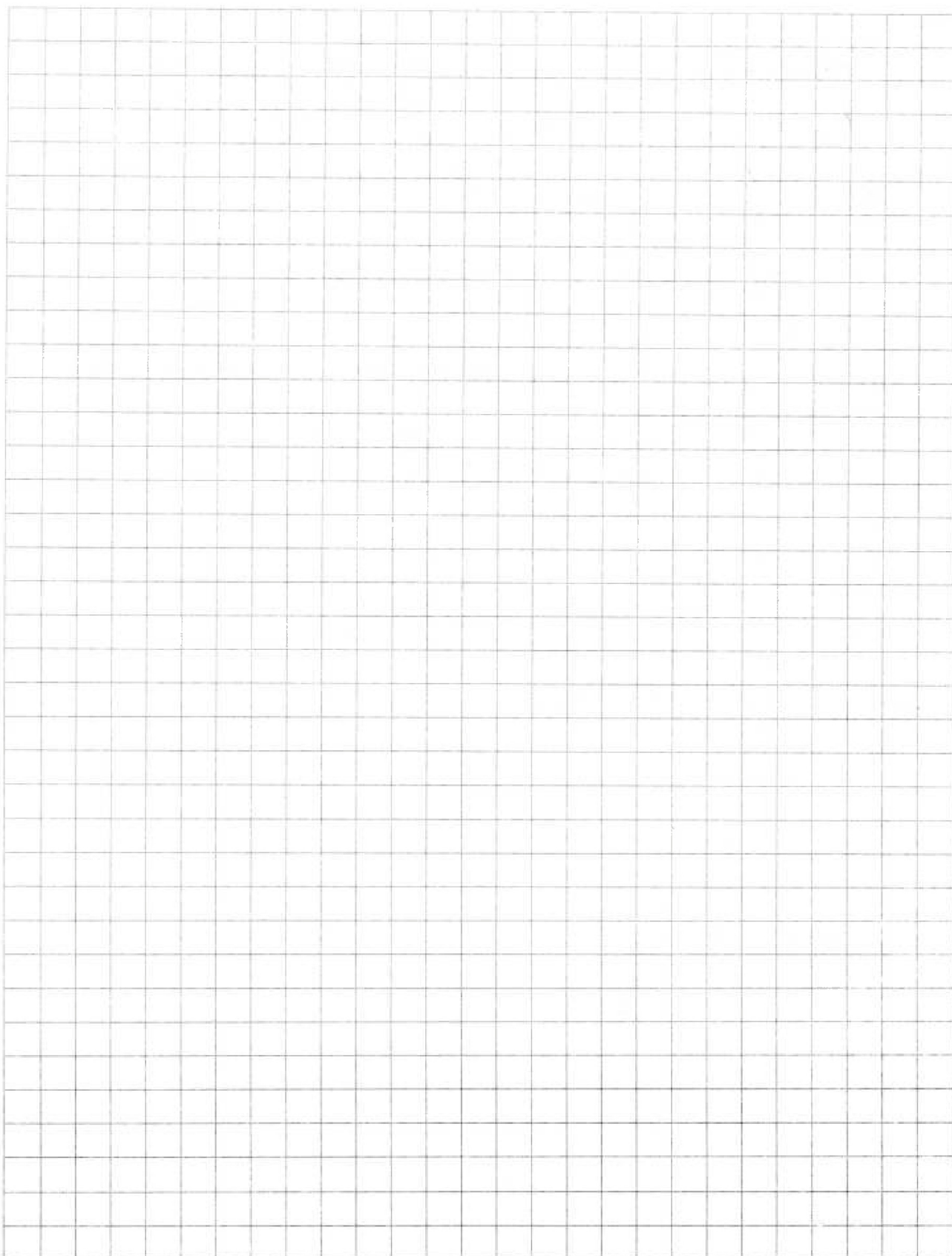


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
из

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





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!

N_2 2-3 : $V = \text{const}$ $\frac{\varphi'}{r_0} = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot (-2) \cdot \frac{1}{r^3} \cdot (x-r) + \frac{kQ}{\epsilon x}$

$$\frac{p_2 V}{p_3 V} = \frac{\sqrt{RT_2}}{\sqrt{RT_3}}$$

$$\Delta \varphi = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{24kQr}{\epsilon R^2} = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_3} T_3$$

$$T_2 = \frac{2,5 p_0}{p_0} T_3$$

$$T_2 = 2,5 T_3$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \sqrt{RT_3} (T_3 - T_2)$$

$$|\Delta U| = 1,5 T_3 \cdot \frac{3}{2} \sqrt{RT_3} = \frac{9}{4} \sqrt{RT_3} = \frac{9}{4} p_0 \cdot 4 V_0$$

$$A_{\text{за цикл}} = 3 V_0 \cdot 3 p_0 \cdot \frac{1}{2} - 1,5 p_0 \cdot 3 V_0$$

$$A_{\text{за цикл}} = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

1) $\frac{|\Delta U|}{A_{\text{за цикл}}} = 4$

2) $4 p_0 \cdot 4 V_0 = \sqrt{RT_1}$

$$3 p_0 \cdot 6 V_0 = \sqrt{RT_{1,2 \max}}$$

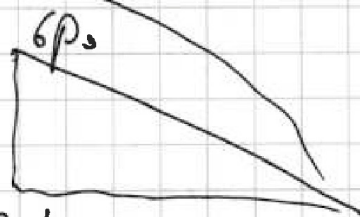
$$\Rightarrow \frac{T_{1,2 \max}}{T_1} = \frac{18}{16}$$

при $x \leq r$: $\varphi = \frac{kQ}{x}$
 $\varphi_{\text{в}} = \frac{kQ}{r}$



$$\varphi(x) = \varphi(r) + \varphi(6 V_0) = 3 p_0$$

$$E_{T,3} = \frac{kQ}{R^2}$$



$$p(V) = \frac{6 p_0}{12 V_0} \cdot V + 6 p_0$$

$$p(V) = -\frac{4 p_0}{2 V_0} \cdot V + 6 p_0$$

$$p(5,5 V_0) = -2,75 p_0 + 6 p_0$$

$$p(5,5 V_0) = 3,25 p_0$$



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!

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 4 \quad \text{при } x = \frac{R}{3} \text{ центр}$$

$$\varphi_1 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{R}{3} - r \right)$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \cdot n$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{4 \Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot S \cdot n}{\Delta t}$$

$$1-2: 4\rho_0 \cdot 4V_0 = \sqrt{RT_1}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S \cdot n}{L}$$

$$2,5\rho_0 \cdot 4V_0 = \sqrt{RT_2}$$

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{2R}{3} - r \right)$$



$$\frac{\rho_2}{\rho_0} = 3 \quad T_1 = \frac{12,5}{16} = \frac{12,5}{16}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_0 = \frac{9kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{R}{3} - r \right) - \frac{9kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{2R}{3} - r \right) = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Q = \frac{9kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{R}{3} - r \right) - \frac{9kQ}{\epsilon R^2} \left(\frac{2R}{3} - r \right) = \Delta(pV) + \frac{1}{2} \sqrt{RT_2 - T_1}$$

$$\rho_0 = \frac{3kQ}{2\epsilon R^2} = \frac{34kQ}{16\epsilon R^2} = 12,5\rho_0 - 16\rho_0 + \frac{3}{2} \sqrt{R} \cdot \frac{3}{32} T_1$$

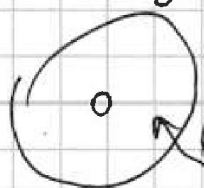
$$Q = 1,5\rho_0 V_0 + \frac{9}{64} \cdot \sqrt{RT_1} = \frac{3}{2}\rho_0 V_0 + \frac{3}{4}\rho_0 V_0$$

$$Q_{1-2} = \frac{15}{4}\rho_0 V_0 \quad \frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow E \cdot dS = \frac{\epsilon_0 Q}{\epsilon_0}$$

$$Q_{1-3} = \frac{5}{2} \Delta(pV) = \frac{5}{2} \cdot (16\rho_0 V_0 - 4\rho_0 V_0) = \frac{45}{2}\rho_0 V_0$$

$$Q_n = Q_{1-2} + Q_{1-3} = \frac{105}{4}\rho_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{за \text{ чис}}}{Q_n} = \frac{\frac{9}{4}\rho_0 V_0}{\frac{105}{4}\rho_0 V_0} = \frac{9}{105}$$



$$U = \int E \cdot d$$

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot (x - r)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{kQ}{\epsilon R^2} (R - r) + \frac{kQ}{R^2} \cdot (x - R)$$

$$E_{\text{в.г.}} = \frac{E_{\text{внеш}}}{\epsilon}$$



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!

$$\varphi_0 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$d\varphi = E dx$$

$$\cancel{d\varphi = E dx}$$

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

$$\int d\varphi = \int \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{1}{x^2} dx$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left. -\frac{1}{x} \right|_{r_1}^{r_2}$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_0} = 9 \quad \frac{\varphi_2}{\varphi_0} = 3 \quad \frac{6}{R} - \frac{3}{2R} = \frac{9}{2R}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left. -\frac{1}{x} \right|_{R/3}^{2R/3} = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{3}{2R}$$

$$\varphi_0 = \frac{3kQ}{2\epsilon R}$$

$$r = \frac{1}{6}R$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{\frac{1}{6}R} - \frac{1}{R} \right) + \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\varphi_0 = \frac{6kQ}{R} + \frac{5kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{x} = \frac{4kQ}{R} + \frac{5kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{x}$$

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{\frac{2}{3}R} - \frac{1}{\frac{3}{2}R} \right)$$

$$\varphi_2'(x) = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{1}{\left(\frac{3}{2}R\right)^2} =$$

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

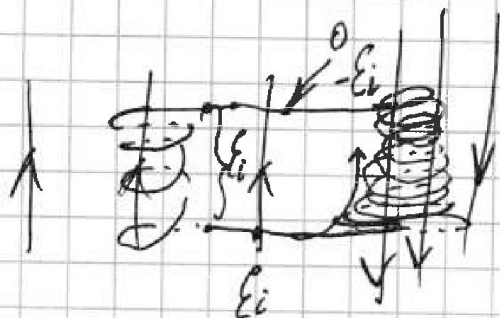
$$\frac{6kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{\frac{1}{6}R} - \frac{1}{\frac{6}{R} - \frac{3}{2R}} \right) = 3 \cdot \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R}$$



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!



$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} \cdot L_{\text{св}}.$$



$$\Phi = B_1 \cdot S \cdot n_1 + B_2 \cdot S \cdot n_2$$

||
const

$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = 2 \cdot S \cdot n_1$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB_1}{dt} \cdot S \cdot n_1 + \frac{dB_2}{dt} \cdot S \cdot n_2$$

$$\frac{dB}{dt} \cdot S \cdot n_1 = \frac{L_1 \cdot dI}{dt}$$

$$B_2 \cdot S \cdot n_2 + \frac{dI}{dt} \cdot 4L$$

$$\frac{dI}{dt} \cdot 5L = \frac{dB_1}{dt} \cdot S \cdot n_1 + \frac{dB_2}{dt} \cdot S \cdot n_2 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2 \cdot S \cdot n_1}{L}$$

$$2) \int_0^I dI \cdot 5L = \int_{B_0/2}^{B_0/2} dB_1 \cdot S \cdot n_1 + \int_{2B_0}^{2B_0/3} dB_2 \cdot S \cdot n_2$$

$$|I| = \frac{S \cdot n}{5L} \left(\frac{B_0}{2} + 2 \cdot \frac{4}{3} B_0 \right) = \frac{19}{6} B_0 \cdot \frac{S \cdot n}{5L}$$

$$|I| = \frac{19 B_0 S n}{30 L}$$