



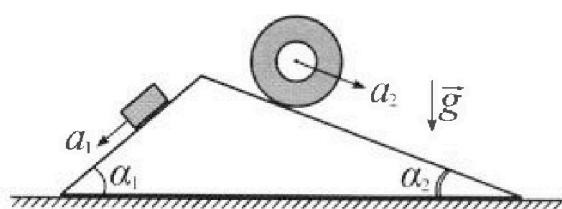
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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.

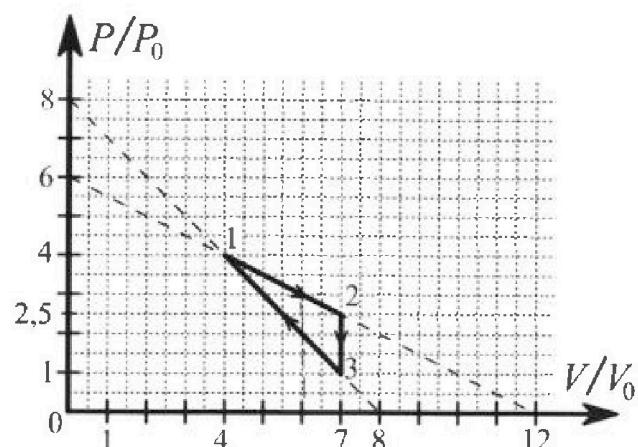


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

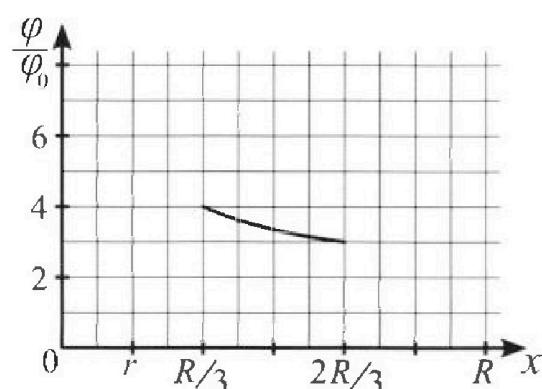
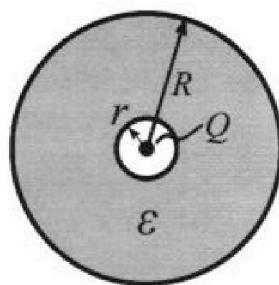
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .



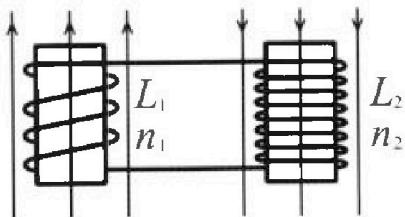
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01



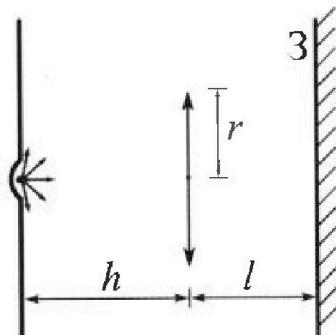
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 изменияться 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 изменились 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 З. 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 [см²] 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.

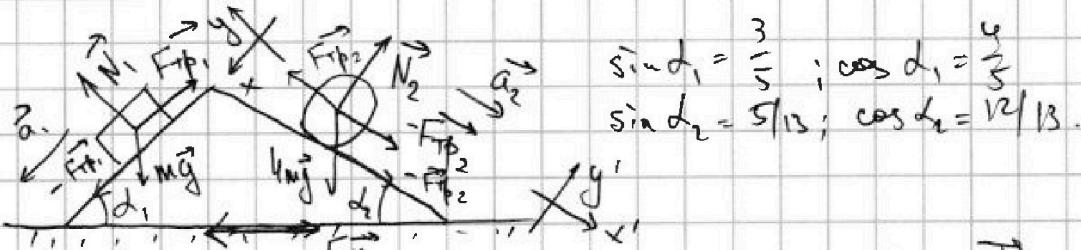


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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



$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}; \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{5}{13}; \cos \alpha_2 = \frac{12}{13}.$$

Обозначим действующие на тела силы. N_1 и N_2 - силы реакции опоры, F_{f1} - F_{f2} - силы трения, действующие на данные тела (брюсок и чинейка).

~~Сила трение, действующая на чинейку, направлена
по каск. нак-ти (т.е. чинейка катется)~~

$$1) \vec{N}_1 + \vec{mg} + \vec{F}_{f1} = \vec{ma} \quad (\text{II З.Н. для бруска})$$

В проекциях на Ox , Oy :

$$\begin{cases} N_1 = mg \cos \alpha_1 \\ -F_{f1} + mg \sin \alpha_1 = ma_1 \end{cases} \quad (\text{также } F_{f1} = \mu N \text{ (коэф. трения } \mu))$$

$$\text{Уз } 1) F_{f1} = -m(a_1 - g \sin \alpha_1) = -m\left(\frac{5g}{13} - \frac{3g}{5}\right) = m\left(\frac{3g}{5} - \frac{5g}{13}\right) =$$

$$= m\left(\frac{39}{65}g - \frac{25}{65}g\right) = \frac{14}{65}mg.$$

$$2) \vec{N}_2 + \vec{4mg} + \vec{F}_{f2} = \vec{4ma}_2 \quad (\text{II З.Н. для чинейки})$$

В проекциях на Ox' , Oy' :

$$\begin{cases} N_2 = 4mg \cos \alpha_2 \\ -F_{f2} + 4mg \sin \alpha_2 = 4ma_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} -F_{f2} + 4mg \sin \alpha_2 &= 4ma_2 \Rightarrow F_{f2} = 4m(g \sin \alpha_2 - a_2) = \\ &= 4m\left(\frac{5}{13}g - \frac{5}{25}g\right) = m\left(\frac{120}{78}g - \frac{65}{78}g\right) = \frac{55}{78}mg. \end{aligned}$$

3) По III З.Н. на клин действуют силы трения со стороны брусков, напр. противоположно силам трения, действ. со стороны клина.

$$\text{T.O. } -F_{f1,2} - F_{f2,2} + F_{f2,2} = 0 \quad (\text{клин катится})$$

$$\begin{aligned} F_{f2,2} &= F_{f1,2} + F_{f2,2} = F_{f1}, \cos \alpha_1 + F_{f2}, \cos \alpha_2 \\ &= \frac{14}{65}mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{55}{78}mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{56}{325}mg + \frac{660}{1014}mg = \frac{56}{325} + \frac{330}{1014}mg = \frac{56}{325} + \frac{110}{169}mg \end{aligned}$$

$$= \frac{56}{13 \cdot 5 \cdot 5}mg + \frac{110}{13^2}mg = \frac{56 \cdot 13}{65^2}mg + \frac{110 \cdot 25}{65^2}mg =$$



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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$= \frac{56 \cdot 13 + 110 \cdot 25}{65^2} \text{ кг} = \frac{728 + 2750}{65^2} \text{ кг} = \frac{3478}{4225} \text{ кг}.$$

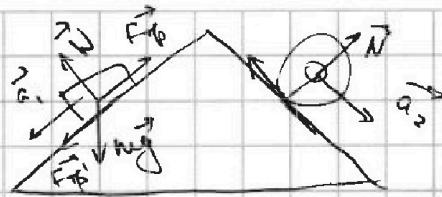
Ответ: 1) $\frac{14}{65}$ кг; 2) $\frac{55}{78}$ кг; 3) $\frac{3478}{4225}$ кг.

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



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

$$4m(a_2 - g \sin \alpha_2) = \left(\frac{5g}{24} - \frac{5g}{13}\right)$$

$$4mg \sin \alpha_2 = m \frac{20}{13}g = 4m \cdot \frac{5g}{13}$$

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

$$\begin{array}{r} \times 78 \\ \times 13 \\ \hline 234 \\ + 78 \\ \hline 1014 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ \times 5 \\ \hline 65 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 56 \\ \times 13 \\ \hline 168 \\ + 56 \\ \hline 228 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ \times 110 \\ \hline 25 \\ + 110 \\ \hline 1350 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 325 | 5 \\ 65 | 5 \\ 13 | 13 \end{array}$$

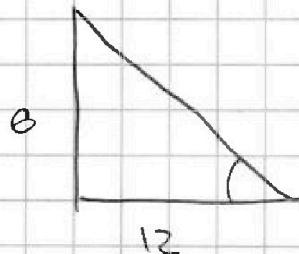
$$\begin{array}{r} 325 | 5 \\ 30 | 5 \\ \hline 25 | 65 \end{array}$$

$$13 \cdot 5 \cdot 5$$

$$169 = 13^2 \quad \begin{array}{r} \times 2750 \\ \times 728 \\ \hline 3478 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 65 \\ \times 325 \\ \hline 350 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 38 \\ \times 6 \\ \hline 18 \\ + 18 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$g = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

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

$$pdV - \frac{3}{2}pdV$$

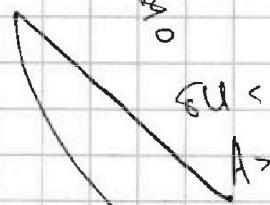
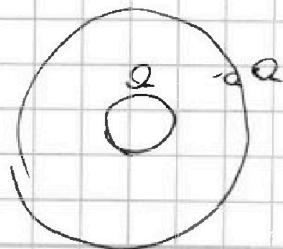
$$6p_0 - \frac{1}{2}p_0 \cdot 4 = 4p_0$$

$$6p_0 - \frac{1}{2}p_0 \cdot 7 = 2.5p_0$$

$$4U = k$$

$$\varphi = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{3Q}{R}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$$

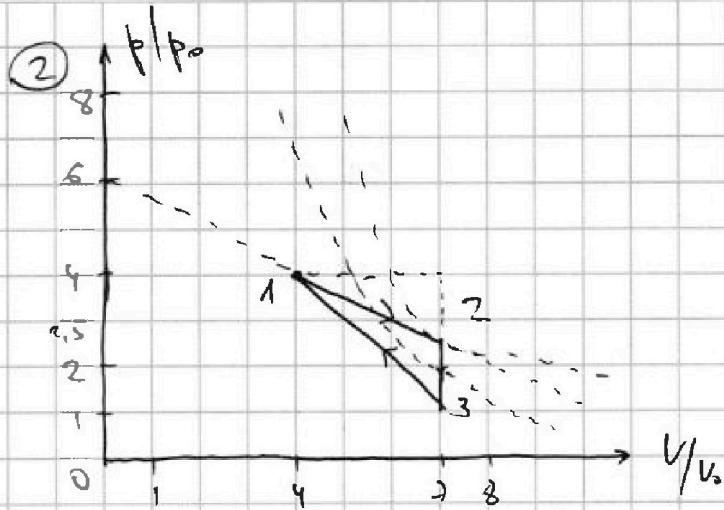


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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) Посчитаем работу газа за цикл.

$$A = S(123) \quad (\text{по эн-эу работе на графике})$$

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

$\delta U_{23} = \frac{3}{2} \delta R \delta T_{23}$ (заг однотемп) - конф. энергия (пр-е)

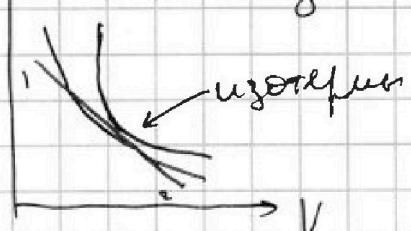
$pV = \delta RT$ - ур-е М-к. Процес 2-3 изокоравн, поэтому

$$\delta p_{23} V = \delta R \delta T_{23} \Rightarrow \delta U_{23} = \frac{3}{2} \delta p_{23} V = \frac{3}{2} \cdot 7V_0 \cdot \frac{3}{2} p_0 = 7 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\text{т.е. } \frac{\delta U_{23}}{A} = \frac{7 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7. \quad \text{P 1 энту}$$

2) Рассмотрим процесс 1-2.

Изотермы пересекают график этого процесса, макс. температура - когда изотерма касается графика (чем больше Т, тем "выше" изотерма, и сдвигнувшись постепенно перекидает в касательную).



Изотерма имеет ф-ю $p(V) = \frac{\delta RT}{V}$, Т-тепн., которой соотв. эта изотерма; ср-е из ур-е М-к.

Функция процесса 1-2: $p(V) = 6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \frac{V}{V_0}$ (из условия знаем tg угла наклона, отравел $-\frac{1}{2}$).

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Продифференц. ф-ю $\rho(V)$: $\rho'(V) = -\frac{\partial RT_0}{V^2}$

Ур-е касат. к $\rho(V)$ в точке V_x :

$$\rho = -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}(V - V_x) + \rho(V_x) = -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}V + \frac{\partial RT_0}{V_x^2}V_x + \frac{\partial RT_0}{V_x}$$

$$= -\frac{\partial RT_0}{V_x^2}V + 2\frac{\partial RT_0}{V_x}$$

Любые касат. совпадают с $\rho_{12}(V)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{\partial RT_0}{V_x^2} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \\ 2\frac{\partial RT_0}{V_x} = 6P_0 \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial RT_0}{V_x^2} = \frac{1}{2}P_0V_0 \\ P_0 = \frac{\partial RT_0}{3V_x} \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial RT_0}{V_x^2} = \frac{1}{6}P_0 \cdot \frac{\partial RT_0}{V_x} \Rightarrow V_x = 6V_0$$

Т.е. темп. газа максимальна, когда общий равен 6%.

В сог. 1: $4P_0, 4V_0, T$; в сог. 2: $3P_0, 6V_0, T_0$

Значит из ф-и где уг. газа при $V = \text{const}$: $\frac{4P_0 \cdot 4V_0}{T} = \frac{3P_0 \cdot 6V_0}{T_0}$

$$\Rightarrow \frac{T_0}{T} = \frac{18P_0V_0}{16P_0V_0} = \frac{9}{8}$$

$$3) \eta_{\text{цикл}} = \frac{A}{Q_{\text{уп.}}} \quad A = \frac{9}{4}P_0V_0 \quad (\text{ав. цикл}+1)$$

Газ получает тепло $\Leftrightarrow \delta Q = A + \delta U$ для каждого процесса.

В процессе 23: $\delta Q = A + \delta U < 0 \Rightarrow$ тепло подводится от газа

В процессе 12: после прохождения точки с макс. Т тепло начинает отводиться от газа, а газ начинает совершать работу за счёт уменьшения и (работа PdV , $\delta U = \frac{3}{2}PdV$ на малой участке, большее, чем 1).

Т.е. тепло подводится только до T_0 (точки с такой Т)

$$\delta Q = \frac{(3P_0 + 4P_0)3V_0}{2} + \frac{3}{2}(18P_0V_0 - 16P_0V_0) = \frac{21}{2}P_0V_0 + 3P_0V_0$$

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.

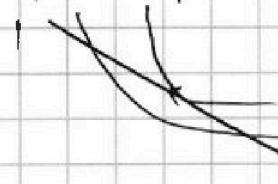
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$= \frac{27}{2} p_0 V_0.$$

Рассмотрим процесс 31.



Понятно $T \uparrow \Rightarrow U \uparrow, A < 0$
Потом, после прох-д макс. T,
 $U \downarrow, A < 0$

т.е. во макс. $T = T'$ тепло подводится, после - отводится.

$$p(V) = \frac{\gamma RT}{V} - \text{изотермы}$$

$$p = -\frac{\partial kT}{V^2} V + 2 \frac{\gamma RT}{V_x} - \text{наст. в точке } V_x \text{ (см. пункт 2)}$$

$$p_{31}(V) = 8p_0 - p_0 \frac{V}{V_0} \quad (\text{процесс 31 из графика})$$

$$\begin{aligned} \text{T.e. } \left\{ \begin{array}{l} \frac{\gamma RT}{V_x^2} = 1 \cdot \frac{p_0}{V_0} \\ 2 \frac{\gamma RT}{V_x} = 8p_0 \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\gamma RT}{V_x^2} = \frac{p_0}{V_0} \\ p_0 = \frac{\gamma RT}{4V_x} \end{array} \right. \mid \Rightarrow \frac{\gamma RT}{V_x^2} = \frac{2RT}{4p_0 V_x} \Rightarrow V_x = 4V_0. \end{aligned}$$

Это означает, что температура газа увелич. В т.е. всего процесса 13 и Q всегда подводится

$$\begin{aligned} \text{T.e. } \delta Q_{31} A + \delta U_{31} = - \frac{(p_0 + 4p_0) \cdot 3V_0}{2} + \frac{3}{2} (16p_0 V_0 - 7p_0 V_0) \\ = - \frac{15}{2} p_0 V_0 + \frac{27}{2} p_0 V_0 = 6p_0 V_0. \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{27}{2} p_0 V_0 + 6p_0 V_0} = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{\frac{39}{2} p_0 V_0} = \frac{9 \cdot 2}{2 \cdot 19 \cdot 39} = \frac{5}{78} = \frac{3}{26}$$

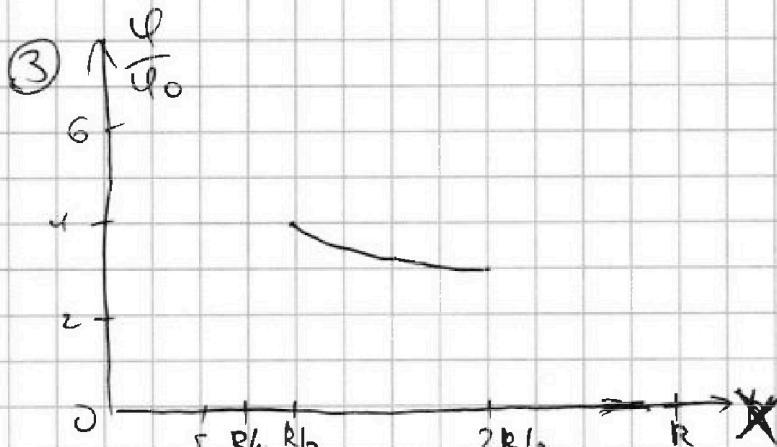
Ответ: 1) 7 ; 2) $\frac{9}{8}$; 3) $\frac{9}{26}$.

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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) Из графика $r < R/4$.

$$E(x) = \begin{cases} k \frac{Q}{x^2}, & x \geq R \\ \frac{kQ}{\epsilon x^2}, & x < R; x \geq r \end{cases} \quad (\text{новая } \delta \text{ система})$$

$$\text{т.е. } \psi(x) = \begin{cases} k \frac{Q}{x^2}, & x \geq R \\ k \frac{Q}{\epsilon x^2} + A, & x \in [r; R] \end{cases} \quad A \rightarrow R - \text{радиус кр. зон}$$

$$A_{x \rightarrow R} = \int_{x_0}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \left[\frac{-kQ}{\epsilon x} \right]_{x_0}^R = \frac{kQ}{\epsilon} \left[\frac{1}{x} \right]_{x_0}^R = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{R} \right)$$

$$\text{т.е. } \psi\left(\frac{R}{4}\right) = k \cdot \frac{Q}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{4}{R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{3}{\epsilon} \right)$$

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

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

$$\text{Из графика } \frac{\psi\left(\frac{R}{3}\right)}{\psi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{1 + \frac{2}{\epsilon}}{1 + \frac{1}{2\epsilon}} = \frac{4}{3} \Leftrightarrow 3 + \frac{6}{\epsilon} = 4 + \frac{2}{\epsilon}$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{4}{\epsilon} \Leftrightarrow \epsilon = 4.$$

Очевидно: 1) $\psi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{3}{\epsilon} \right)$

2) $\epsilon = 4$.

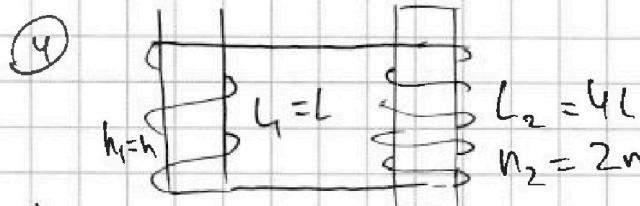


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



катушки далеко друг от друга \Rightarrow смыши полевые
они не взаимодействуют.

$$1) L \frac{dI}{dt} = \frac{dB}{dt} nS \quad (\text{по опр. индуктивности; } S \text{ не меняется,} \\ \text{и } h \text{ не меняется})$$

$$\cancel{\frac{dI}{dt}} = \cancel{\frac{dB}{dt} nS} = \frac{dnS}{L}$$

1) Возникающую ЭДС можно разделить на части:

$$\mathcal{E}_1(\text{внутр.}) = -L_1 \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt} - \text{св.з. с измен. силы тока}$$

$$\mathcal{E}_1(\text{внешн.}) = -\frac{dB}{dt} n_1 S - \text{св.з. с измен. внеш. МП}$$

$$\mathcal{E}_2(\text{внешн.}) = -L_2 \frac{dI}{dt} - \text{во второй катушке}$$

$$\sum \mathcal{E} = 0 \quad (\text{контур замкнут, сов. в. всего} \rightarrow 0)$$

$$L \frac{dI}{dt} + 4L \frac{dI}{dt} + \frac{dB}{dt} nS = 0 \Leftrightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{dnS}{5L}.$$

2) То же самое, что и в п. 1 (только добавл. измен. внешн. поля у 2-й катушки).

$$5L \frac{dI}{dt} + \frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dB_2}{dt} n_2 S = 0 \Rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = \frac{\frac{dB_1}{dt} n_1 S + \frac{dB_2}{dt} n_2 S}{5L}$$

Интегрируем: $\int \left| \frac{dI}{dt} \right| dt = \frac{S}{5L} \left(\int_{t=0}^t n_1 \frac{dB_1}{dt} dt + \int_{t=0}^t n_2 \frac{dB_2}{dt} dt \right), I(0) = 0$

$$\text{т.е. } |I|_{\text{ макс.}} = \frac{S}{5L} \left(n_1 \frac{B_0}{2} + n_2 \frac{4B_0}{3} \right) = \frac{B_0 S}{5L} \left(\frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} \right)$$

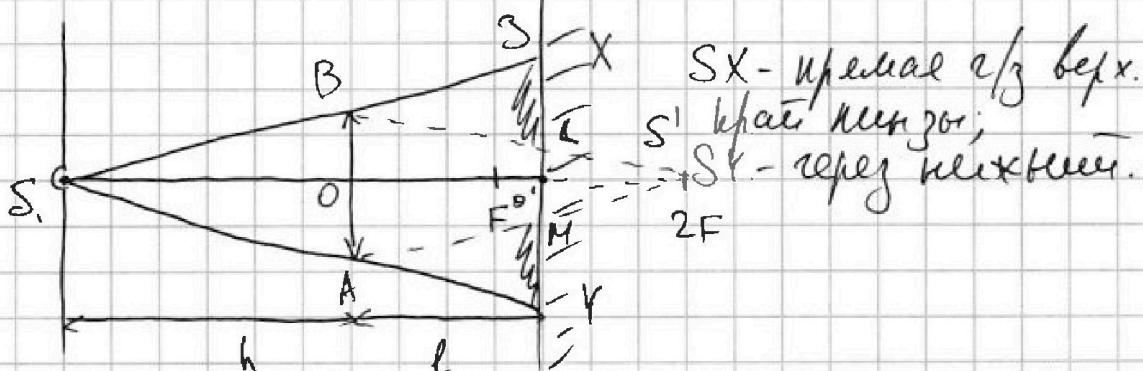
$$\text{Ответ: 1) } \frac{dnS}{5L}; 2) \frac{B_0 S}{5L} \left(\frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} \right) = \frac{B_0 S (3n_1 + 8n_2)}{30L}$$

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

(5)



1) Заметим, что все лучи света, проходящие через зеркало, попадают на зеркало, т.е. все, что находится выше X, светится все преломляющее зеркалом.

Все лучи, проход. через зеркало, если бы не было зеркала, сконцентрировались бы в точке на опт. оси на расст-ии $h/2$ от зеркала за зеркалом.
(источник находился на другой стороне фокусном \Rightarrow изобр-е на другой стороне фокусном).

Из принципа Ферма свет в однородной среде распространяется преломляясь, поэтому лучи от точки надения на зеркало идут прям к пред. изобр-ю S, создавая освещённый конус ABS' .

Т.е. образуют две неосвещённые области, следств. от-то ГОО: XL и YK на рисунке.

O' - т.н. ГОО и зеркало, O - зеркало и ГОО

$$\frac{XO'}{BO} \geq \frac{S_0 O'}{BO} \text{ из подобие } \Rightarrow XO' = \frac{S_0 O'}{S_0} \cdot BO = \frac{h+l}{h} r = \\ = \left(1 + \frac{l}{h}\right) r = \left(1 + \frac{2h}{3h}\right) r = \frac{5}{3} r$$

$$\text{Также из подобие } \frac{LO'}{BO} = \frac{O'S'}{OS} \Rightarrow LO' = \frac{O'S'}{OS} \cdot BO = \frac{h-l}{h} r = \\ = \left(1 - \frac{2h}{3h}\right) r = \frac{1}{3} r \Rightarrow XL = XO' - LO' = \frac{4}{3} r$$



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.

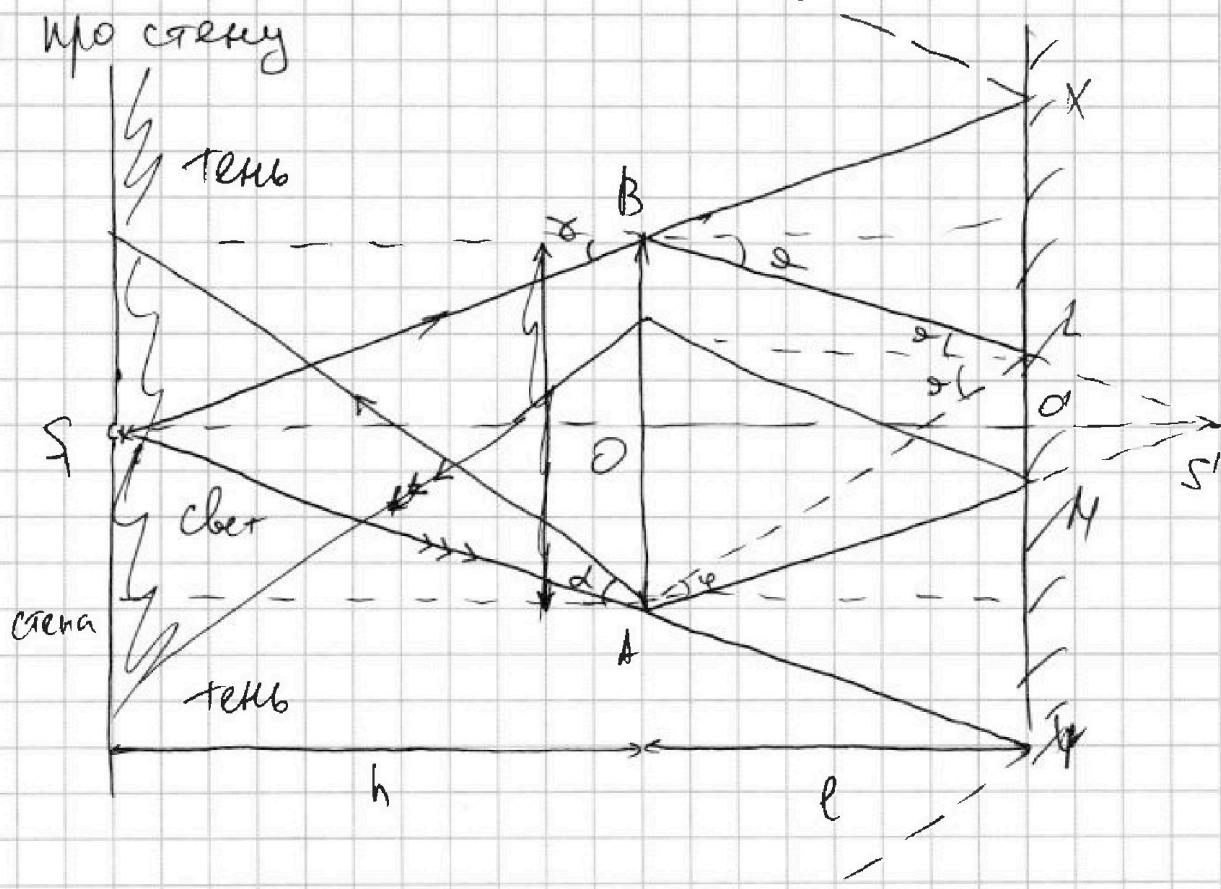
- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

$$S_{\text{окру}} = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ где } d - \text{диаметр, или } g, \\ S_{\text{окру}} = \frac{\pi \cdot \times L^2}{2} = \frac{\pi \cdot 16 r^2}{18} = \frac{8}{9} \pi r^2 = \frac{8}{9} \cdot 3^2 \pi = 8\pi \text{ (ар)}$$

2) по стеку



Луи, проход. изнадъко чисто листът отраж. от
зглъчала и всичк. областъ, таход. даващ
 $2 \times 10 = \frac{10}{3}$ г = 10 см от токи S.

Лучи, прошедшие через линзу, отражаются от зеркала, и, пройдя через него, вновь проходят сквозь линзу и выходят под тем же углом к зеркалу, что и под которым они попали в линзу. Эти лучи создают на стекле светящееся изображение, ограниченное крайними лучами (\rightarrow 



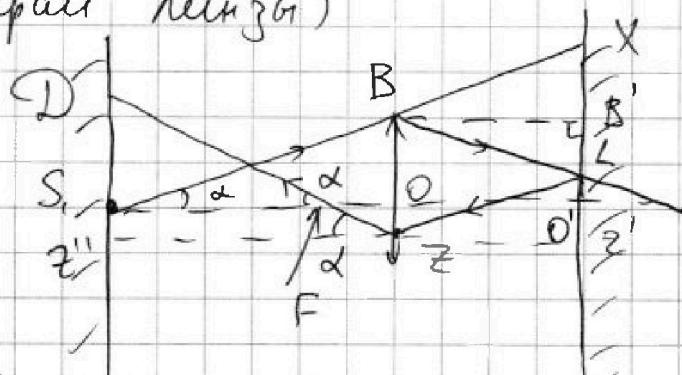
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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!

Рассел. краинний кур (т.е. находящийся на самой
краине, периферии)



одоғын-е төзек
алғыс.
и үзілд

Сондай таңғөл 20. Уз симметрия $BL = LZ$,
т.е. $B'L \neq LZ' \Rightarrow BO - O'L = LO' + OZ \Rightarrow$

$$\Rightarrow OZ = BO - 2LO' = r - 2 \cdot \frac{1}{3}r = \frac{1}{3}r$$

Дане пасел-ел соотн-е из нородне:

$$\frac{F.S_i}{h} = \frac{\mathcal{D}S_i}{\mathcal{D}Z} = \frac{\mathcal{D}S^*}{\mathcal{D}S_i + \frac{r}{3}} ; \text{ if } \frac{\mathcal{D}S^*}{\mathcal{D}(S_B, S_0)} = \frac{B_O}{S_O} = \frac{r}{h}$$

$\frac{D_2''}{h} = \log 2 \Rightarrow D_2'' = r$. Тогда $D_S = D_2'' - \frac{r}{3} = \frac{2r}{3}$ —
расстояние от зеркала до экрана (с огнем симметрии).

Тогда пазмер тетер с лакг. стороны: $10 \text{ см} - \frac{2\frac{2}{3}}{3} = 8 \text{ см}$.

$$S_{\text{inner}} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{8^2 \text{ cm}^2}{4} = 32\pi \text{ (cm)}$$

$$\text{Or bei } 1) 8\pi \text{ cm}^2, 2) 32\pi \text{ cm}^2$$

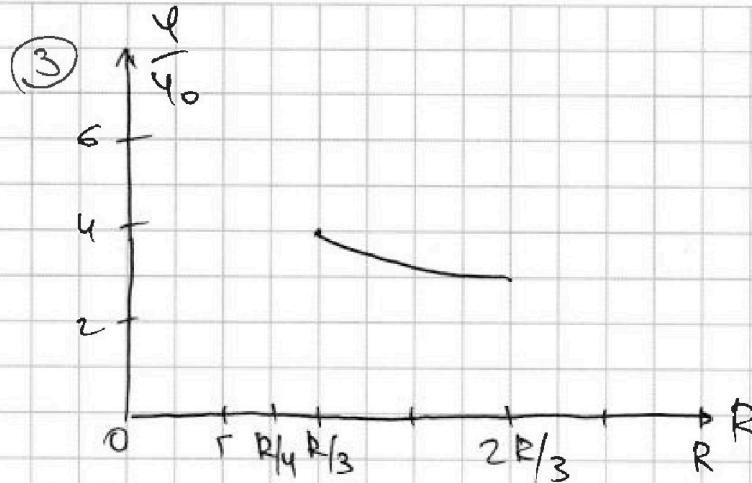


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 из _____

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



1) Принято считать, что эл. поле в диэлектрике изменяется в ϵ раз.
Указано, что $x = R/4$ наход. внутри диэлектрика.

Поле шарика с зарядом Q вне него такое же, как и у точечного заряда, помещённого в центр этого шара.

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2} \quad (\Rightarrow \text{здесь потенциал тоже самое})$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x} = \frac{k}{\epsilon_0} \frac{Q}{x} \Rightarrow \Phi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{4Q}{R} \quad \text{внутри шара}$$

Т.е. если $r \leq R/4$: $\Phi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{4Q}{R}$.

Из графика $r < R/4$, поэтому этот ответ верен всегда.

2) Из графика $\frac{\Phi(R/3)}{\Phi(2R/3)} = \sqrt[3]{\frac{4}{3}} \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{4}{3}}$

Все шари диэлектрика уже нет, поэтому там потенциал у точки такой же, что был бы и без диэл.



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!



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\Psi_{R/3} = \Psi_{2R/3} + \Psi_{R/3 \rightarrow 2R/3}$$

$$\Psi_{R/3} = \Psi_{R/3 \rightarrow R} + \Psi_{R/3 R \rightarrow \infty}$$

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

$$F = Bqv$$

$$[B] = \frac{F}{qv}$$

$$[\frac{B}{t}] = \frac{H}{6\pi \cdot \frac{m}{c} \cdot e} = \frac{m \cdot \omega}{c^2 \cdot \frac{m}{6\pi}} \text{ Гн}$$

$$F = BiL$$

$$[B] = \frac{F}{iL}$$

$$\frac{B}{t} = \frac{m \cdot \omega}{c^2 \cdot \frac{m}{6\pi} \cdot m \cdot \omega} = \frac{m}{c^2 \cdot k_1}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{dB}{dt} \cdot S$$

$$\mathcal{E}_1 =$$

$$\frac{B}{2} \downarrow \quad \sqrt{2B_0/3}$$

$$W = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$D = H \cdot \mu = \frac{k_1}{c} \cdot \frac{k \cdot c}{\omega}$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$L_1 \frac{dB}{dt} \cdot S + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{B_0 S}{5L}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{L_1}{L_2} d \ln S$$

$$\frac{n_1}{2} + \frac{4n_2}{3} = \frac{3n_1 + 8n_2}{6}$$