



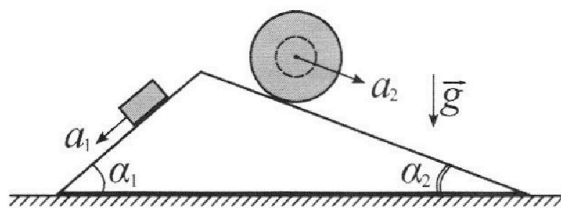
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

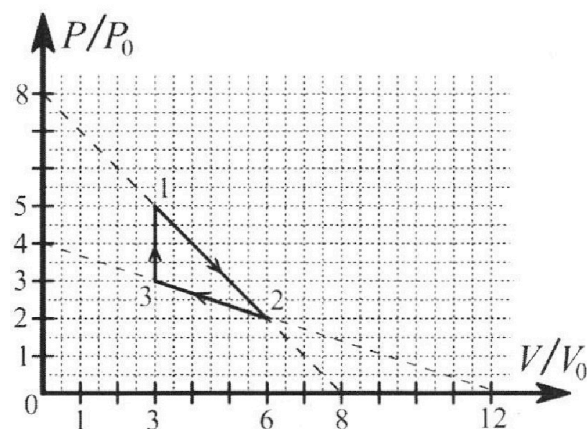


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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

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

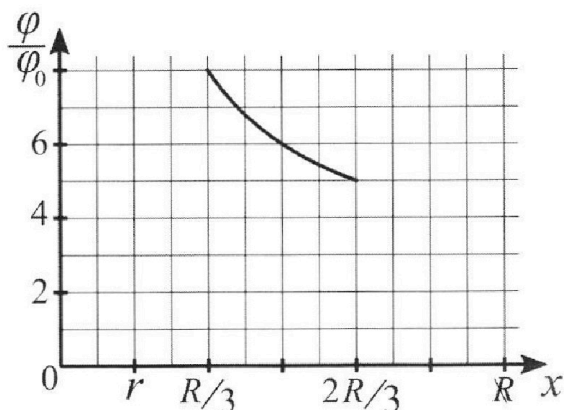
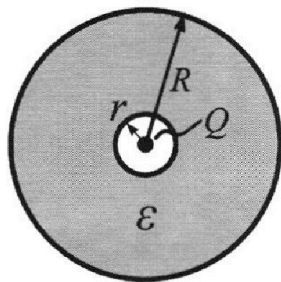
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



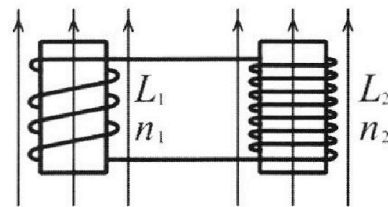
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

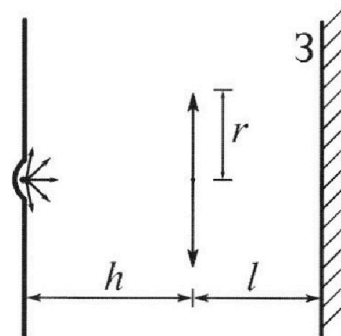


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь 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 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) 2.3.11 В проекциях на $N \perp 1$
 $mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$
 $= ma_1$

2) $5mg \sin \alpha_2 - F_2 =$
 $= 5 \cdot ma_2$

3) $mg \cdot \frac{3}{5} - F_1 = m \cdot \frac{7g}{17}$

$mg \left(\frac{51}{85} - \frac{35}{85} \right) = F_1$

1) $\boxed{\frac{16}{85} mg = F_1}$

2) $5mg \cdot \frac{8}{17} - 5mg \cdot \frac{8}{25} = F_2$

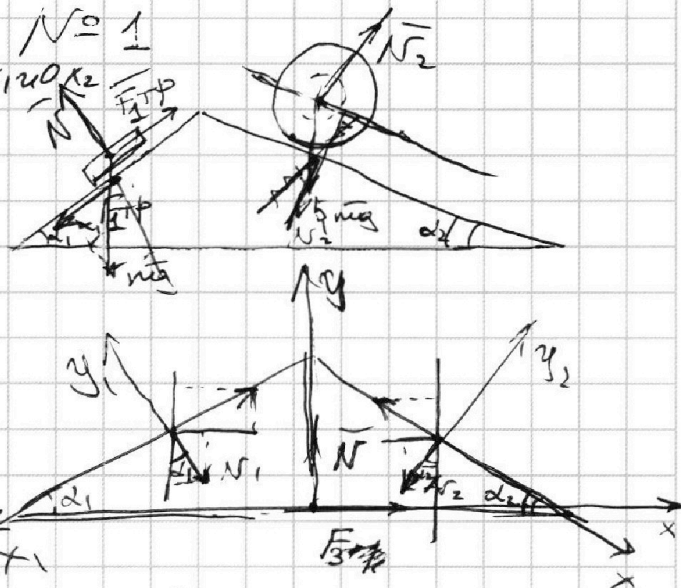
$40mg \left(\frac{25-17}{4 \cdot 25} \right) = F_2$

2) $\boxed{\frac{8}{85} mg = F_2}$

3) $N + F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 - N \cos \alpha_1 - N_2 \cos \alpha_2 = 0$

$F_3 + N \sin \alpha_1 + F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 - N_2 \sin \alpha_2 = 0$

т.к. катушка покоится $\boxed{F_3 \leq \mu N}$



2.3.11 $mg \cos \alpha_1$
 $0 y_1$ и $0 y_2$:

$N_1 = mg \cos \alpha_1$

$N_2 = 5mg \cos \alpha_2$



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!

$$F_3 + mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - ma_1 \cos \alpha_1 -$$

$$- 5mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - 5mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 + 5ma_2 \cos \alpha_2 = 0$$

$$F_3 = 10mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 + ma_1 \cos \alpha_1 - 5ma_2 \cos \alpha_2 -$$

$$- 2mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1$$

$$F_3 = 10mg \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{15 \cdot 15}{17 \cdot 25} + m \cdot \frac{4}{5} \cdot g \cdot \frac{7 \cdot 5}{17 \cdot 5} - 8mg \cdot \frac{8}{25} \cdot \frac{15}{17}$$

$$- 2mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}$$

$$F_3 = \left(\frac{80 \cdot 15 \cdot 25}{(25 \cdot 17)^2} + \frac{140 \cdot 17}{(25 \cdot 17)^2} - \frac{75 \cdot 8 \cdot 17}{(25 \cdot 17)^2} - \frac{6 \cdot 17^2 \cdot 4}{(25 \cdot 17)^2} \right) mg$$

mg:

$$F_3 = \frac{375 \cdot 80 + 140 \cdot 17 - 75 \cdot 8 \cdot 17 - 24 \cdot 17^2}{25 \cdot 17^2} mg$$

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (37500 + 2380 - 10200 - 680 \cdot 6) mg$$

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (3780 + 2380 - 10200 - 4080 - 4080) mg$$

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (3780 + 2380 - 10200 - 4080 - 4080) mg$$

$$2890 \cdot 2 + 1445 = 5780 + 1445 = 7225$$

$$\begin{array}{r} 3811 \\ 34 \\ \hline 41 \\ 34 \\ \hline 71 \end{array}$$

Решит: $F_1 = \frac{16}{85} mg$;

$F_2 = \frac{64}{85} mg$;

$F_3 = \frac{15244}{7225} mg$



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

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!

Запишем 1-е начало $N=2$

(1-2): для процессов $\rightarrow$ термодинамический

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) +$$

$$+ \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 \neq 0$$

теплота передается, а потом отбирается

$$A_{12} = \frac{p_2 V_2}{2} - \frac{p_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$A_{12} = \frac{p_2 V_2}{2} - \frac{p_1 V_1}{2}$$

(2-3): $Q_{23} = \frac{3}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2$

$$A_{23} = \frac{p_3 V_3}{2} - \frac{p_2 V_2}{2}$$

$$A_{23} = A_{23} + A_{12} = \frac{p_3 V_3}{2} - \frac{p_1 V_1}{2}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_3 V_3$$

$$\alpha = \frac{|\Delta U_{31}|}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} (3p_0 \cdot 3V_0 - 3p_0 \cdot 3V_0)}{3V_0 \cdot p_0} = \frac{3 \cdot 6}{2 \cdot 3} = 3$$

p/p_0

8

1

3

8

V/V_0

Кривые изотермы
сходятся в
точке с максимальной
температу-
рой.

T_{max}

8

$$A_{12} = \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0$$

$$Q_{12} = 3p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 12p_0 V_0 - \frac{3}{2} \cdot 12p_0 V_0$$

$$Q_{12} < 0$$

$$Q_{23} = -\frac{10p_0 V_0}{2} - \frac{3}{2} \cdot 12p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 9p_0 V_0 = 0$$

$$A_{23} = \frac{3V_0 \cdot (5p_0)}{2}$$



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 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) $\boxed{2 = 3}$:

процесса:

2) Найдем з.ф.е. прямой (1-2)

~~$P/P_0 = k V/V_0 + b$~~

Пусть: $P/P_0 = y$;

$\frac{V}{V_0} = x$

$y = kx + b$:

$8k + b = 0$

$b = 8$; $k = -1$;

Делаем обратную замену:

$\boxed{-\frac{V}{V_0} + 8 = P/P_0} \Rightarrow \boxed{-\frac{V P_0}{V_0} + 8 P_0 = P}$

$\boxed{PV = \text{const}}$

$\boxed{PV = \nu RT}$

$\boxed{-\frac{V P_0}{V_0} + 8 P_0 V_0 = \text{const}}$

Подставляем найденные з.ф.е

$\boxed{-\frac{2 V P_0}{V_0} + 8 P_0 = 0}$

$\boxed{V = 4 V_0}$;

Сравним соответствующее данному объёму:

открытые максимумы - $4 P_0 = P$, тогда найдем температуру газа (в ядре) в процессе 1-2 к Т₂:

$\boxed{\beta = \frac{16 P_0 V_0}{12 P_0 V_0} = \frac{4}{3}}$;



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

$$\eta_{\text{к}} = \frac{A_{\text{к}}}{Q_{\text{погв}}} = \frac{3 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: } \alpha = 3; \beta = \frac{1}{3}; \eta_{\text{к}} = \frac{1}{3}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

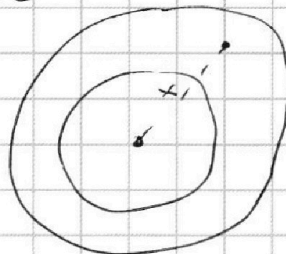
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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

1) ~~$\varphi(x) = \varphi_c(x) + \varphi_p(x)$~~
 ~~$\varphi_c(x) = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R}$~~

N=3



$$E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2 \epsilon}$$

$$d\varphi = E(x) dx$$

$$d\varphi = \frac{Q dx}{4\pi\epsilon_0 x^2} = \varphi_c - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x} = \Delta\varphi_{\text{вн}}$$

$$\Delta\varphi = \int_{r < x_2, x_3 < R} E(x) dx = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_2} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_3} = \Delta\varphi_{\text{вн}}$$

$$\Delta\varphi_{\text{вн}} + \Delta\varphi_{\text{вн}} = \Delta\varphi$$

$$\begin{cases} \varphi_c + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} = 8\varphi_0 \\ \varphi_c + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} = 5\varphi_0 \end{cases}$$

$$8\varphi_0 = \frac{Q \cdot 7}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_0 = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_c + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{Q \cdot 7}{4\pi\epsilon_0 R \cdot 3} = \varphi(x)$$

$$\varphi_{\text{вн}} 8\varphi_0 = \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{Q \cdot 7}{12\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi(x) = 8\varphi_0 + \frac{5Q}{12\pi\epsilon_0 R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{5Q}{12\pi\epsilon_0 R} \quad \text{---}$$

$$\varphi(x) = \frac{17Q}{12\pi\epsilon_0 R} \quad \text{---}$$



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
☐

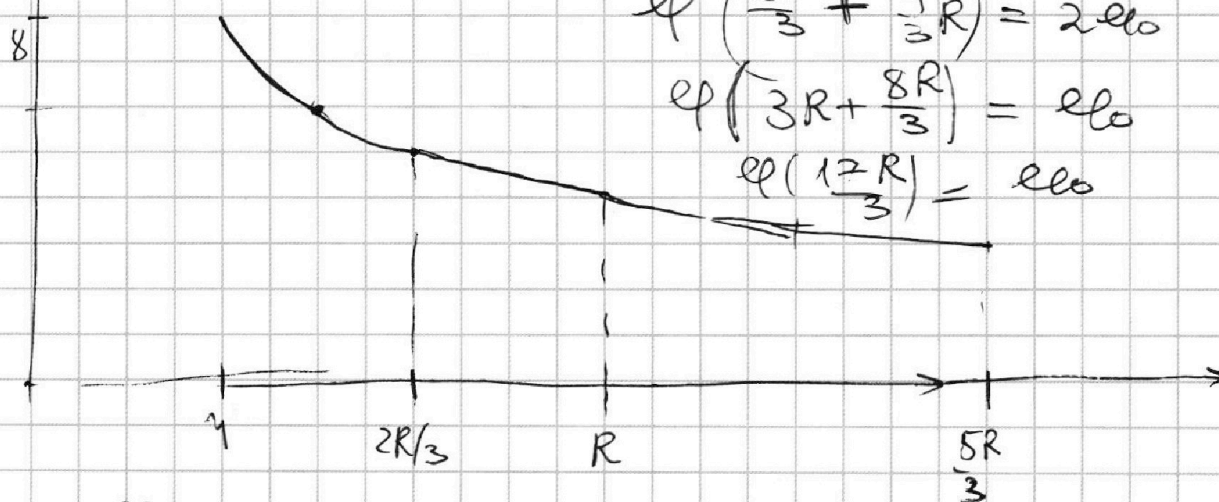
7
☐

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!

2) $\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2R} = \Delta\varphi$

Используем, заряд
до точки $\varphi(x') = 0$;
в каждой x' ;



$\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 17R} = \frac{17Q}{8\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \boxed{\epsilon = \frac{17}{6}}$

$\boxed{\text{Ответ: 1) } \varphi(x) = \frac{17}{12} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}; \quad 2) \epsilon = \frac{17}{6}}$



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

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!

$$1) \left[\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha \right]$$

$$\left[-\frac{S_{n1} \Delta B}{\Delta t} = \mathcal{E}_{ind} \right]$$

$$\left[S_{n1} \alpha = \mathcal{E}_{ind} \right]$$

$$\left[\mathcal{E}_{ind} = -\frac{L_1 dI_1}{dt} - \frac{L_2 dI_2}{dt} \right] \quad \left| \frac{dI_1}{dt} = \frac{dI_2}{dt} \right|$$

$$\mathcal{E}_{ind} = -\dot{I}(L_1 + L_2)$$

$$-\frac{S_{n1} \Delta B}{\Delta t} = -\dot{I}(L_1 + L_2) : \dot{I} = \left(\frac{S_{n1} \alpha}{(L_1 + L_2)} \right) = \frac{S_{n1} \alpha}{L_1 + L_2}$$

$$-\frac{S_{n1} \alpha}{(L_1 + L_2)} = \dot{I} : \dot{I} = \frac{S_{n1} \alpha}{(L_1 + L_2)} = \frac{S_{n1} \alpha}{L_1 + L_2}$$

$$2) \quad +\frac{S_{n1} \Delta B_1}{\Delta t} - \frac{S_{n2} \Delta B_2}{\Delta t} = \mathcal{E}_{ind}$$

разные знаки обусловлены разными
направлениями тока; R-нап. момент $\Pi(0)$

$= 0$;

$$\left[\mathcal{E}_{ind} = -\frac{(L_1 + L_2) \Delta I}{\Delta t} \right]$$

$$\frac{S_{n1} \Delta B_1}{\Delta t} - \frac{S_{n2} \Delta B_2}{\Delta t} = -\frac{(L_1 + L_2) \Delta I}{\Delta t}$$

$$\left| -\frac{S_{n1} \Delta B_1 + S_{n2} \Delta B_2}{(L_1 + L_2)} \right| = \Delta I = I^{(k)}$$



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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

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

$$I_k = \frac{hS}{10L} \left| \left(3 \left(\frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{12} \right) - \frac{B_0}{3} \right) \right| = \frac{hS}{10L} \cdot \left(B_0 - \frac{B_0}{3} \right)$$

$$I_k = \frac{hS}{10L} \cdot \frac{B_0 \cdot 5}{12} = \frac{hSB_0}{24L}$$

Order: 1) $\dot{I} = \frac{Sh\alpha}{10L} - 2) I_k = \frac{hSB_0}{24L}$



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!

№ 5

$\tan \alpha = \frac{r}{2h} + \kappa$
методический расчет
на расстоянии между
фокусом, изобра-
жением и мнимым
будет равнофо-
кусно для расстояний
 $2h$ от линзы.

Нитиди радиус неосвещенной части
поверхности экрана. $R_3 = r + \Delta$ $\Delta = l \tan \alpha$

$\Delta = l \cdot \tan \alpha$
 $R_3 = r + \frac{rl}{2h}$
 $S_{\text{осв}} = \pi R_3^2 = \pi r^2 (1 + \frac{l}{2h})^2 = \pi r^2 \cdot \frac{9}{4}$
 $S_3 = \frac{9}{4} \cdot \pi r^2 = 9\pi [\text{см}^2]$
Изображение, изображение S^* будет S^{**} на расстоянии $l+2h$ от линзы



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!

Имеем формулу тонкой линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{4h}$$

$$\frac{1}{4h} = \frac{1}{a'}$$

$$\boxed{a' = 4h}$$

$$\boxed{\frac{r}{4h} = \operatorname{tg} \beta}$$

$$h \operatorname{tg} \beta = \Delta'$$

$$\boxed{h - \Delta' = R_{\text{нелб}}^{(\text{кр})} = R_{\text{кр}}^{(\text{нелб})}}$$

$$\boxed{\left(h - \frac{r}{4}\right) = R_{\text{кр}}^{(\text{нелб})}}$$

$$\boxed{\Delta' = \frac{r}{4}}$$

$$2\Delta' + r = R_{\text{с}}$$

$$\pi \left((2\Delta' + r)^2 - r^2 \right) = S_{\text{нелб}}^{(\text{кр})}$$

$$\pi \left(\frac{9}{4}r^2 - \frac{4}{4}r^2 \right) = S_{\text{нелб}}^{(\text{кр})}$$

$$\boxed{5\pi = S_{\text{нелб}}^{(\text{кр})}}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S_{\text{нелб}}^{(3)} = \cancel{7\pi}; S_{\text{нелб}}^{(\text{кр})} = 5\pi}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
из

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

$N=3$

$$V_E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$

$(0 < x \leq R)$

$$W = \frac{Q^2 \cdot 4\pi x^2 dx \cdot \epsilon_0}{(4\pi\epsilon_0 x^2)^2 \cdot 2} = \frac{Q^2 dx}{8\pi\epsilon_0 x^2} = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{x} \right]$$

$$W_E(x) = \frac{\epsilon Q^2 dx}{8\pi\epsilon_0 x^2} \Rightarrow \int \frac{\epsilon Q^2 dx}{8\pi\epsilon_0 x^2} = W$$

$R/2 < x < R$

$$\left[\frac{\epsilon Q^2}{8\pi\epsilon_0 x} - \frac{\epsilon Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} \right] = W \quad W = \frac{\Delta \varphi Q}{4}$$

Отобразив в соответствии с законом Кулона.

$$W_g = \frac{\epsilon Q^2}{8\pi\epsilon_0 x}$$

$$\varphi(x) = \frac{W_g}{Q} = \frac{\epsilon Q}{8\pi\epsilon_0 x} = \frac{\epsilon Q \cdot 4}{8\pi\epsilon_0 \cdot 3R} =$$

$$\varphi(x) = \frac{\epsilon Q \cdot 4}{8\pi\epsilon_0 R} \quad W_g = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 x}$$

$$\varphi(R/3) = \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 \cdot R} + \varphi_g(R/3) = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R} (1 + \epsilon)$$

$$W_{R/3} = \frac{\epsilon Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R/3} \right) = \frac{\epsilon Q^2 \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \varphi_g = \frac{3\epsilon Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi(2R/3) = \frac{Q \cdot 3}{8\pi\epsilon_0 R} + \frac{\epsilon Q}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{6}{R} - \frac{3}{R} \right) = \frac{9\epsilon Q}{16\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi(2R/3) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} (6 + 9\epsilon) = \frac{3Q}{16\pi\epsilon_0 R} (2 + 3\epsilon)$$

$$\frac{\varphi(2R/3)}{\varphi(R/3)} = \frac{5}{8} = \frac{4 \cdot 3 (2 + 3\epsilon)}{16 \cdot 3 (1 + \epsilon)} = \frac{1 \cdot (2 + 3\epsilon)}{4 \cdot (1 + \epsilon)} = \frac{5}{8}$$

$$4 + 6\epsilon = 5 + 5\epsilon \quad \varphi(R/2) = \frac{Q \cdot 2}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{\epsilon Q}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{8}{R} \right)$$

$$\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R} (4 + 3\epsilon)$$