



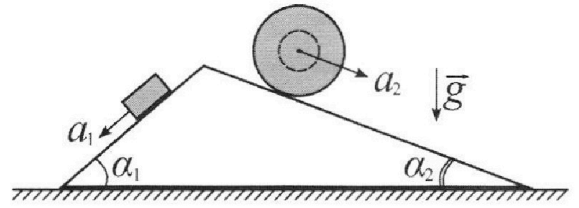
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ).



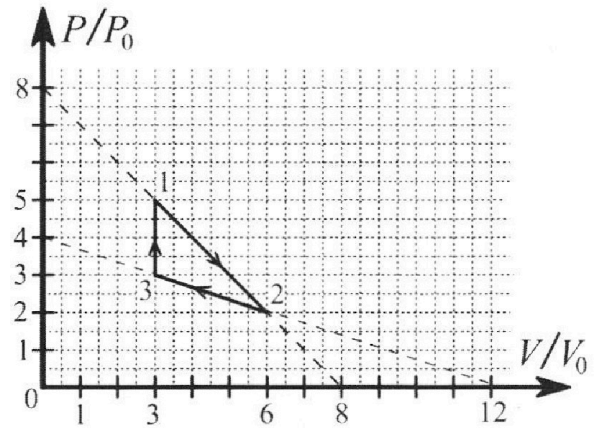
Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

- 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.

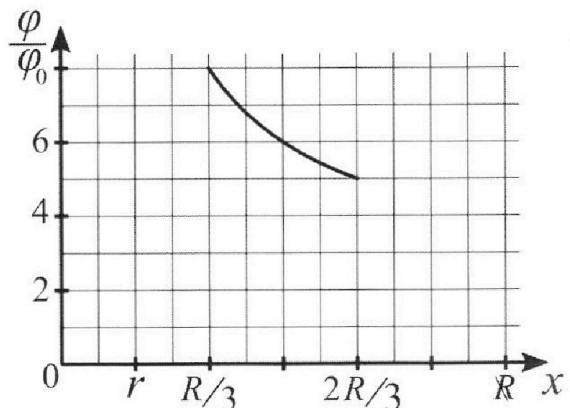
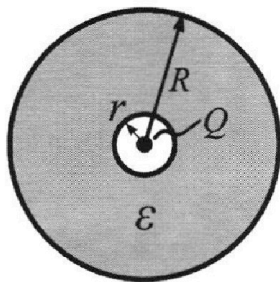


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.).

Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



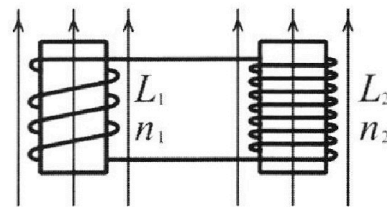
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

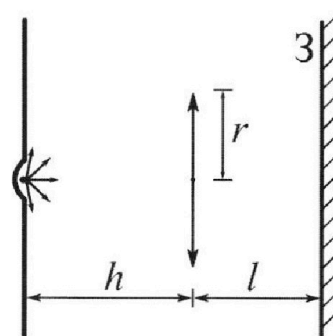


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



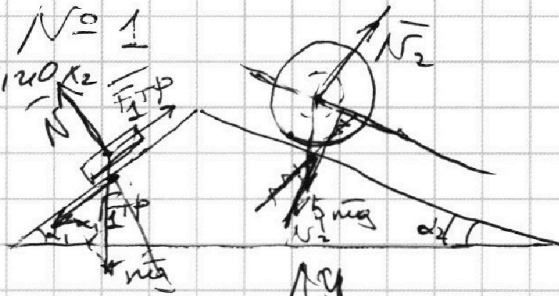
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

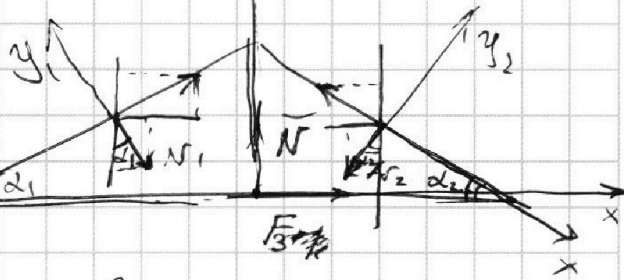
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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.н в проекциях на  $N_1$   
 $mg \sin d_1 - F_1 = ma_1$   
 $= ma_1$



2)  $5mg \sin d_2 - F_2 =$   
 $= 5 \cdot ma_2$



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

$mg \left( \frac{31}{85} - \frac{35}{85} \right) = F_1$

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

2) 2.3.н проекции  
 $Oy_1$  и  $Oy_2$ :

$N_1 = mg \cos d_1$

$N_2 = 5mg \cos d_2$

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)  $\frac{80}{85} mg = F_2$

3)  $N + F_1 \sin d_1 + F_2 \sin d_2 - N_1 \cos d_1 - N_2 \cos d_2 = 0$

$F_3 + N_1 \sin d_1 + F_1 \cos d_1 - F_2 \cos d_2 - N_2 \sin d_2 = 0$

т.к. катушка находится  $F_3 \leq \mu N$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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;

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

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (3780 + 310 + 85 - 5 \cdot 510 - 289 \cdot 6) \text{ mg}$$

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (3780 + 85 - 1200 - 480 - 54) \text{ mg}$$

$$F_3 = \frac{4}{25 \cdot 17^2} (3780 + 31) \text{ mg} = \frac{4 \cdot 3811}{25 \cdot 17^2} \text{ mg}$$

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

$$\begin{array}{r} 3811 \phantom{00} \\ 34 \phantom{00} \\ \hline 41 \phantom{00} \\ 34 \phantom{00} \\ \hline 75 \phantom{00} \end{array}$$

Решит:

$$F_1 = \frac{16}{85} \text{ mg};$$

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

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



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!

Замесим  $\Gamma$ -еманомо № 2

(1-2): две процессы  $\uparrow$  термодинамические

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$Q_{12} = \frac{p}{2} V_2 - \frac{p}{2} V_1 \neq 0$$

температура повышается, а потом возвращается

$$A_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1$$

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

$$A_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1$$

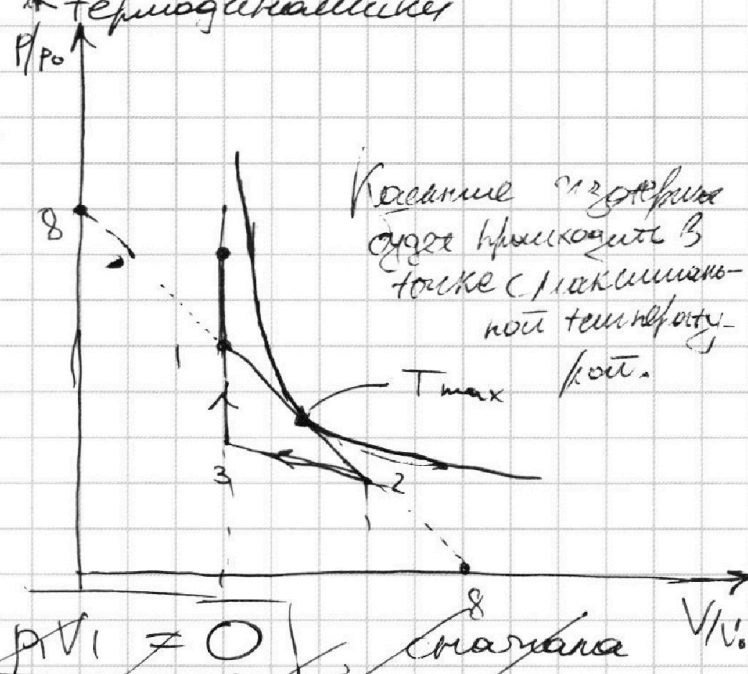
(2-3):  $Q_{23} = \frac{p_2 V_3 - p_2 V_2}{2}$

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

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

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

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



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

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

$$Q_{12} < 0$$

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

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



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)  $\boxed{\alpha = 3}$  ;

процесса:

2) Найдем эф-е процесса (1-2)

~~$P/P_0 = 1 - \alpha \frac{V - V_0}{V_0}$~~

Пусть:  $P/P_0 = y$ ;

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

$y = kx + b$  ;

$8k + b = 0$

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

Делаем обратную замену:

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

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

$\boxed{PV = \nu RT}$

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

Продифференцируем полученное эф-е

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

$\boxed{V = 4 V_0}$  ;

Сравним соответствующее данному объёму:

открытые максимальная температура газа (в жикле) в процессе 1-2 к T<sub>2</sub>:

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



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!

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

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



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.

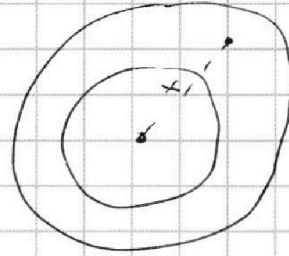
1  2  3  4  5  6  7

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)  ~~$\varphi(x) = \varphi_0(x) + \varphi_0^0$~~   
 ~~$\varphi_0(x) = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R}$~~

№ 3



$$E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_1^2 \epsilon}$$

$$d\varphi = E(x) dx_1$$

$$d\varphi = \frac{Q dx_1}{4\pi\epsilon_0 x_1^2} = \varphi_0 - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x_1} = \Delta\varphi_{\text{вн}}$$

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

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

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi_0 + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} &= 8\varphi_0 \\ \varphi_0 + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} &= 5\varphi_0 \end{aligned} \right.$$

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

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

$$\varphi_0 + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{Q \cdot 3}{4\pi\epsilon_0 R} = \varphi(x)$$

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

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

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





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

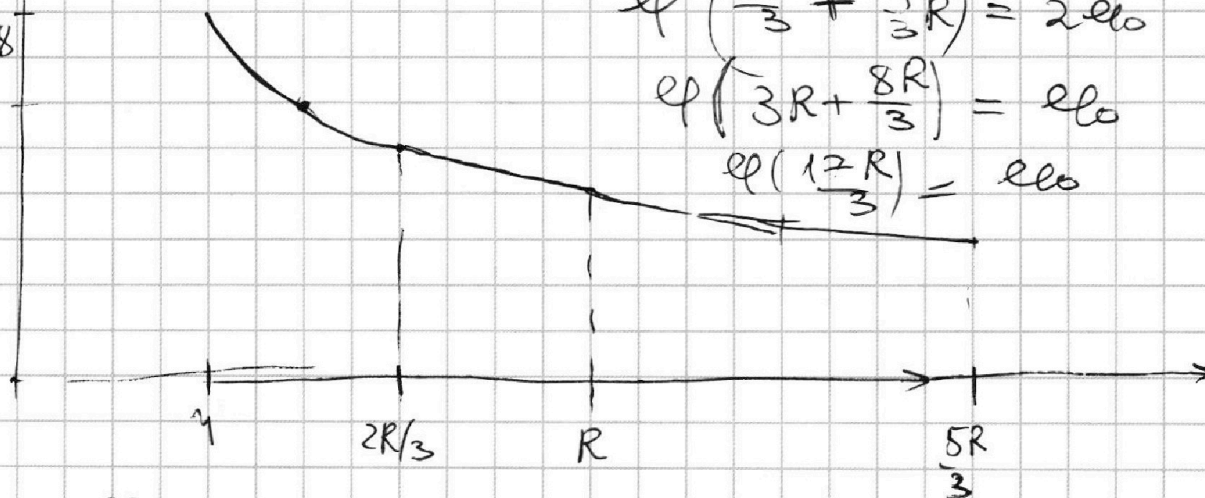
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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!

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

Используем, заряд  
по формуле  $\varphi(x) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x}$   
в каждой  $x$

8



$$\varphi\left(\frac{5R}{3} + \frac{4}{3}R\right) = 2\varphi_0$$

$$\varphi\left(3R + \frac{8R}{3}\right) = \varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{17R}{3}\right) = \varphi_0$$

$$\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 17R} = \frac{12Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot R} \Rightarrow \boxed{\epsilon = \frac{17}{6}}$$

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



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)  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha$

$$-\frac{S_{n1} \Delta B}{\Delta t} = \sum i_{ind}$$

$$S_{n1} \alpha = \sum i_{ind}$$

$$\sum i_{ind} = -\frac{L_1 dI_1}{dt} - \frac{L_2 dI_2}{dt} \quad \left| \frac{dI_1}{dt} = \frac{dI_2}{dt} \right.$$

$$\sum i_{ind} = -I(L_1 + L_2)$$

$N=4$   
f.v. ~~с помощью закона  
нелин. в разном  
сторонах  $\Rightarrow$   
направление тока  
один и тот же~~

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

$$-\frac{S_{n1} \alpha}{L_1 + L_2} = -I \quad ; \quad I = \frac{S_{n1} \alpha}{L_1 + L_2}$$

2) 
$$+\frac{S_{n1} \Delta B_1}{\Delta t} - \frac{S_{n2} \Delta B_2}{\Delta t} = \sum i_{ind}$$

разные знаки обусловлены различными  
направлением тока;  $P$  - нап. магнитного поля  
 $= 0$ ;

$$\sum i_{ind} = -\frac{(L_1 + L_2) \Delta I}{\Delta t}$$

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

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



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!

$$I_k = \frac{hS}{10L} \left( 3 \left( \frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{12} \right) - \frac{B_0}{3} \right) = \frac{hS}{10L} \cdot \left( B_0 - \frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{4} \right)$$

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

Ответ: 1)  $i = \frac{Shd}{10L}$ ; 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

$\tan \alpha = \frac{r}{2h}$  т.к.

металлический расщепитель на расстоянии  $2h$  от фокуса, изображение мнимое

будет равнофокусно для расщепителя  $2h$  от линзы.

Найдём радиус несвещённой части поверхности зеркала.

$R_3 = r + \Delta$   $\Delta = l \cdot \tan \alpha$

$\Delta = l \cdot \tan \alpha$   $l(-h) \cdot \tan \alpha = (r_{\text{своб}} + \Delta)$

$R_3 = r + \frac{r \cdot l}{2h}$   $2h \tan \alpha = r + \Delta + r_{\text{своб}}$

$S_{\text{своб}} = \pi R_3^2 - \frac{9}{4} \pi r^2 = \frac{7}{4} \pi r^2 = 7\pi$   $\frac{h \tan \alpha}{r} = r \Rightarrow r_{\text{своб}} = \frac{r}{2}$

$S_3 = \pi R_3^2 = \pi r^2 (1 + \frac{1}{2})^2 = \frac{9}{4} \pi r^2$

1)  $S_3 = \frac{9}{4} \cdot \pi = 9\pi$  [см<sup>2</sup>]

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!

Используем формулу тонкой линзы.

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

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

$$| a' = 4h |$$

$$\left| \frac{r}{4h} = \operatorname{tg} \beta \right|$$

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

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

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

$$\frac{3r}{4} = R_{\text{кр}}^{(\text{нелб})}$$

$$\left| \Delta' = \frac{r}{4} \right|$$

$$2\Delta' + r = R_{\text{с}}$$

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

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

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

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



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

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

$$(0 < x < r)$$

$$W = \frac{Q^2 \cdot 4\pi x^2 dx \cdot \epsilon_0}{(4\pi\epsilon_0 x^2)^2 \cdot 2} = \frac{Q^2 dx}{8\pi\epsilon_0 x^2} = W_e - \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

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

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

Относительно среднего значения.

$$W_g = \frac{\epsilon Q^2}{4\pi\epsilon_0 x}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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