

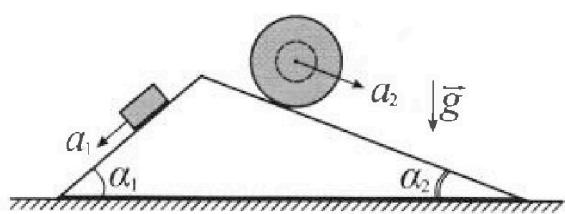
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (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.



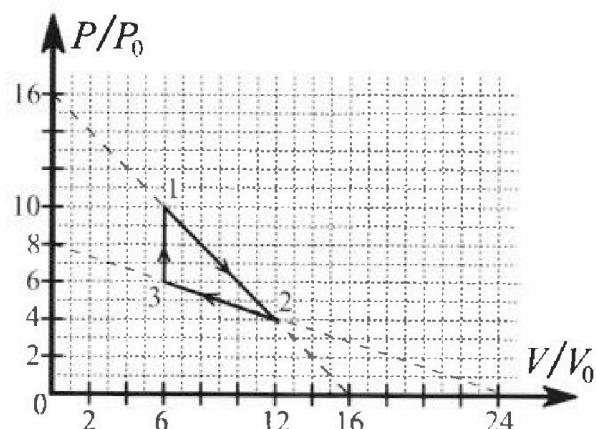
- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

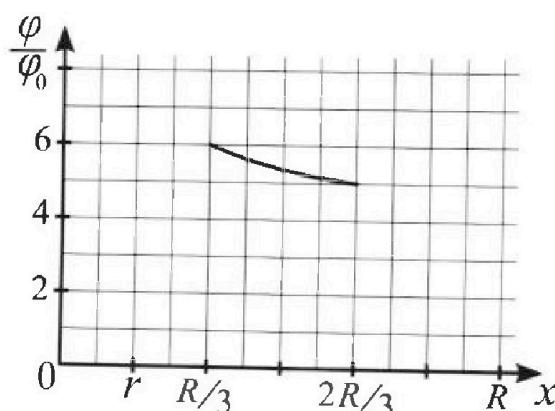
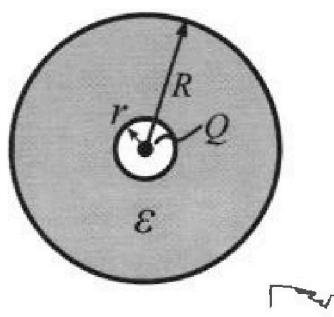
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



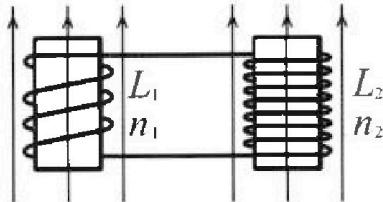
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



## Вариант 11-04

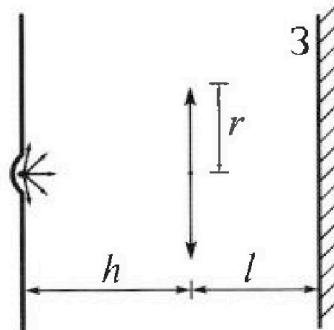
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

- 4.** Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  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 я 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  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , 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  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  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  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



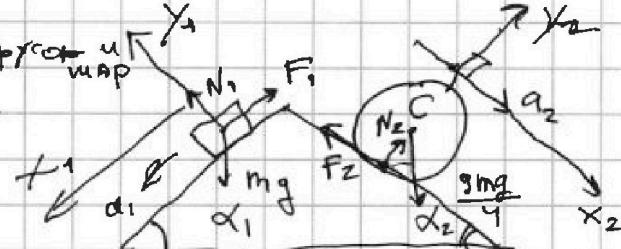
1  2  3  4  5  6  7

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!

Задача 1. Решение:

1) II з. Ньютона для бруска  
 $N_{1,2}$  — сила норм. реакции на брусков и шар



$$\begin{aligned} X_1: \quad m a_1 &= m g \sin \alpha_1 - F_1 \\ (F_1 &= m(g \sin \alpha_1 - a_1)) = \\ &= m(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5}{17}g) = m g \left( \frac{3 \cdot 17 - 5 \cdot 5}{85} \right) = m g \frac{26}{85} = \frac{26}{85} m g \end{aligned}$$

2) Теорема о движении центра масс для центра масс мяча:

$$\begin{aligned} X_2: \quad \frac{9m}{4} g \sin \alpha_2 - F_2 &= \frac{9m}{4} a_2 \Rightarrow F_2 = \frac{9m}{4} (g \sin \alpha_2 - a_2) \\ \Rightarrow F_2 &= \frac{9m}{4} \left( g \cdot \frac{8}{17} - \frac{2}{3}g \right) = m g \left( \frac{9 \cdot 2}{17} - \frac{2}{3} \right) = \\ &= m g \left( \frac{18}{17} - \frac{2}{3} \right) = \frac{54 - 34}{51} m g \Rightarrow F_2 = \frac{20}{51} m g \end{aligned}$$

3) II з. Ньютона для бруска:

$$N_1 = m g \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} m g$$

Теорема о движ. центра масс для шара

$$N_2 = \frac{9}{4} m g \cos \alpha_2 = \frac{9 \cdot 15}{17 \cdot 14} m g$$

по II з. Н.

на клин

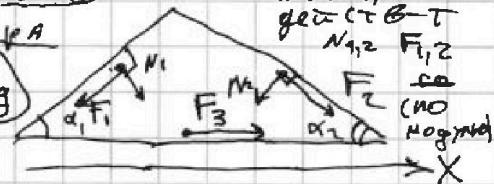
действует

$N_{1,2}$ ,  $F_{1,2}$

ко

(но

ногами)



Рассмотрим кин. ОН в поток.

II з. Ньютона для клина X:

$$-F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 + F_{3X} = 0$$

$$F_{3X} = F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1$$

использовано соотношения для  $F_{1,2}$  и  $N_{1,2}$ , получим:

$$F_{3X} = \left( \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} m g - \frac{20}{51} \cdot \frac{15}{17} + \frac{9}{4} \cdot \frac{15}{14} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} m g \right) =$$

$$\Rightarrow F_{3X} = \left( \frac{4}{25} \left( \frac{26 \cdot 4}{17} - \frac{3}{2} \right) + \frac{15}{17 \cdot 14} \left( 18 - \frac{20}{3} \right) \right) m g$$

$$\left( F_{3X} = \left( \frac{4(-25)}{25 \cdot 17} + \frac{34 \cdot 15}{25 \cdot 17 \cdot 14} \right) m g = \left( -\frac{4}{17} + \frac{120}{17} \right) m g = \frac{6}{17} m g \right) > 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow F_3$  вправо.

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{26}{85} m g$

$$2) F_2 = \frac{20}{51} m g$$

$$3) F_3 = \frac{6}{17} m g \text{ (вправо)}$$



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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

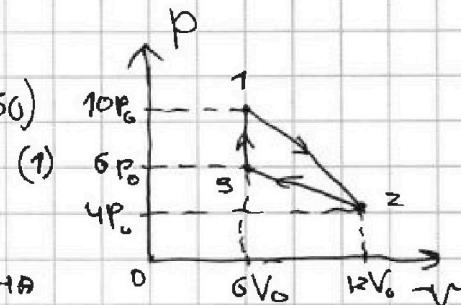
СТРАНИЦА  
1 из 2

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

Задача 2. Решение:

$$1) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (48 - 60)$$

$$|\Delta U_{12}| = 18 P_0 V_0$$



Работа газа за цикл численно равна площади треугольника 1-2-3.

$$(1) A = \frac{1}{2} \cdot 4P_0 \cdot 6V_0 = 12P_0 V_0 \quad (2)$$

$$\text{из (1) и (2): } \frac{|\Delta U_{12}|}{A} = \frac{3}{2}$$

$$2) \text{ Из графика уравнение процесса 1-2: } P = -\frac{P_0}{V_0}V + 16P_0 \Rightarrow$$

Уре состояния:  $PV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{PV}{\nu R}$

$$\Rightarrow T = \frac{P_0 V (16 - \frac{V}{V_0})}{\nu R} \Rightarrow T_{12} = T_{12\max} \text{ при } V = 8V_0$$

точка (8; 8):

точка 3:

$$\frac{8P_0 \cdot 8V_0}{\nu R} = \nu R T_{12\max} \Rightarrow \frac{T_{12\max}}{T_3} = \frac{16}{9}$$

3) Уравнения процессов 1-2 и 2-3 (из графика):

$$1-2: \frac{P}{P_0} = \frac{-V}{V_0} + 16, k_{12} = -1$$

$$2-3: \frac{P}{P_0} = \frac{-V}{3V_0} + 8, k_{23} = -\frac{1}{3}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

подводимое (>0) кон-бо теплоэнергия в проце-х 1-2 и 2-3

$$Q_+ = Q_{12+} + Q_{23+} + Q_{31}$$

( $Q_{31} > 0$ , т.к.  $P \uparrow, V = \text{const}$  в процессе 31)

Ищем выражение для работы.  $PV^{\frac{1}{3}} = \text{const}$

$$\text{в процессе 1-2: } k_{12} = \left(\frac{dp}{dV}\right)_{12} = \frac{P_0 V_0^{\frac{1}{3}}}{V^{\frac{1}{3}+1}} \cdot \left(-\frac{1}{3}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k_{12} = -\frac{5 P_0}{3 V_0}, P_0 \text{ и } V_0 - \text{стартовые}$$

и общий в некоторой точке A.

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 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!

$$\text{Нормируем: } k_{Rg} = -\frac{5}{3} \cdot \frac{P_A/P_0}{V_A/V_0}$$

Ищем точку  $\delta Q = 0$ :

Процесс 1-2 Точка A — т. касания адиабаты  
 $k_{12} = -1 = k_{Rg,A} \Rightarrow \frac{5}{3} \frac{P_A}{P_0} = \frac{V_A}{V_0} \Rightarrow$

$$\text{Уп-е пр-з: } \frac{P_A}{P_0} = -\frac{V_A}{V_0} + 16$$

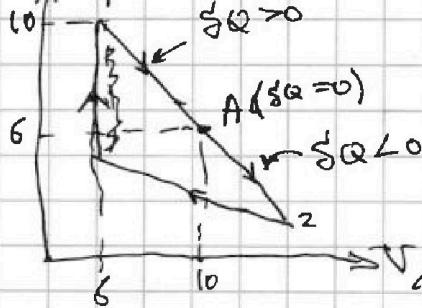
$$\Rightarrow \frac{8}{3} \frac{P_A}{P_0} = 16 \Rightarrow P_A = 6P_0 \quad V_A = 10V_0 \quad \text{Быстро}$$

Точка B процесс 1-2. Т. го точки

$A(6; 10)$  Теплота подводится:

$$P/P_0 \quad Q_{12+} = Q_{1A} = A_{1A} + \Delta V_{1A} = P_0 V_0 \left( \frac{10+6}{2} + \frac{3}{2} (60 - 60) \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{12+} = \frac{32}{3} P_0 V_0$$



Процесс 2-3  $k_{23} = -\frac{1}{3}$

Точка B касания:  $k_{23} = k_{Rg,B} \Rightarrow 3 \frac{P_B}{P_0} = \frac{V_B}{V_0} \Rightarrow$

$$\text{Уп-е пр-з: } \frac{P_B}{P_0} = -\frac{V_B}{3V_0} + 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Уп-е пр-з: } \frac{P_B}{P_0} = -\frac{5}{3} \frac{P_0}{P_0} + 8 \Rightarrow P_B = 3P_0 \notin \text{отрезок 2-3!}$$

Т.е. Адиабата не расчета отрезка 2-3  $\Rightarrow Q_{23} = Q_{23+}$

$$\Rightarrow Q_{23+} = A_{23} + \Delta V_{23} = P_0 V_0 (5 \cdot 6 + \frac{3}{2} \cdot (30 - 18)) = P_0 V_0 (30 - 18) \Rightarrow Q_{23+} = Q_{23} = k_{Rg} P_0 V_0$$

$$Q_+ = Q_{12+} + Q_{23+} + Q_{31} = (32 + 12 + \frac{3}{2} \cdot 24) P_0 V_0$$

$$(Q_+ = (44 + 36) P_0 V_0 = 80 P_0 V_0) \Rightarrow \eta = \frac{A}{Q_+},$$

$$\text{вz (2): } A = 12 P_0 V_0 \Rightarrow \eta = \frac{12}{80} = \frac{3}{20} = 15\%$$

ОТВЕТ: 1)  $\frac{|Q_{12}|}{A} = \frac{3}{2}$  2)  $\frac{T_{max}}{T_3} = \frac{15}{9}$  3)  $\eta = \frac{3}{20} = 15\%$

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 2

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

### Задача 3. Решение:

В отсутствии диэлектрика:  $E_0(x) = \frac{kQ}{x^2}$

$$E_0(x) = \frac{kQ}{x^2} \Rightarrow k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, E_x(x) = \frac{kQ}{x^2}$$

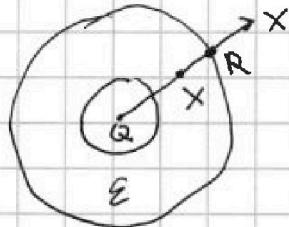
Внутри диэлектрика  $\rightarrow$  на расстоянии  $r$  уменьшается в  $\epsilon$  раз. (после выхода из диэлектрика нормали тангенциальный компоненты нет).

(диэлекстр.)

С диэлектриком:  $E(x) = \begin{cases} \frac{kQ}{x^2}, & \text{при } x < r, \\ \frac{kQ}{\epsilon x^2}, & \text{при } r < x < R \\ \frac{kQ}{R^2}, & \text{при } x > R \end{cases}$

Вне шара (при  $x > R$ ) поле не изменяется  $\Rightarrow$  при  $x > R$ :  $\phi(x) = \frac{kQ}{x}$

В диэлектрике:  $x \in (r; R)$ :



$$\phi(x) = -\frac{d\psi}{dx} \Rightarrow \psi(x) - \psi(R) = \int_x^R E_x dx$$

$$\psi(x) = \frac{kQ}{R} + \int_x^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQR}{\epsilon} \int_x^R \frac{dx}{x^2}$$

при  $x \in (r; R)$ :  $\psi(x) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{x} \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{kQ}{\epsilon x} \quad (1)$

1) из (1) при  $x = \frac{11R}{12}$ :  $\psi = \frac{kQ}{R} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{kQ \cdot 12}{\epsilon \cdot 11R} \Rightarrow$   
 $(r < \frac{11R}{12} < R)$

$$\Rightarrow \psi = \frac{kQ}{R} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} + \frac{12}{11\epsilon} \right) \Rightarrow \psi = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{1}{11\epsilon} \right)$$

~~$\psi = \frac{kQ}{R} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} + \frac{12}{11\epsilon} \right)$~~

$$\psi = \frac{11\epsilon + 1}{11\epsilon} \cdot \frac{kQ}{R}$$

2) Синтез токами с графика:

$$r < \frac{R}{3} < R \text{ и } r < \frac{2R}{3} < R, \text{ тогда из (1):}$$

$$\psi(\frac{R}{3}) = 6\psi_0; \quad \psi(\frac{2R}{3}) = 5\psi_0;$$

$$x = \frac{R}{3}: \quad \psi(\frac{R}{3}) = \frac{kQ}{R} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} + \frac{kQ \cdot 3}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} (2 + \epsilon)$$

$$x = \frac{2R}{3}: \quad \psi(\frac{2R}{3}) = \frac{kQ}{R} \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} + \frac{kQ \cdot 3}{2\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R} (\epsilon - 1 + \frac{3}{2})$$

из графика:  $\frac{\psi(\frac{2R}{3})}{\psi(\frac{R}{3})} = \frac{5}{6} \Rightarrow$

$$\frac{\epsilon - 1 + \frac{3}{2}}{2 + \epsilon} = \frac{5}{6} \Rightarrow$$

$$-\frac{2}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \epsilon + \frac{5}{6} \Rightarrow$$

$$-1 = \epsilon + \frac{5}{6} \Rightarrow \epsilon = -\frac{11}{6} \Rightarrow$$

$$-1 = \epsilon + \frac{5}{6} \Rightarrow \epsilon = -\frac{11}{6} \Rightarrow$$

$$-1 = \epsilon + \frac{5}{6} \Rightarrow \epsilon = -\frac{11}{6} \Rightarrow$$



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

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!

Окончательно:

$$\underline{\text{Ответ: 1) }} \varphi = \frac{11\varepsilon + 1}{11\varepsilon} \cdot \frac{kQ}{R} = \frac{(11\varepsilon + 1)Q}{11\varepsilon R}$$

$$2) \varepsilon = 7$$



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

Задача 4. Решение:

$$1) \text{ Закон ЭМК: } \mathcal{E}_s = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

для катушки 1:

$$\Phi_1 = L_1 I + B S n_1$$

из (1) ~~и~~: т.к. сопр-е R катушек  
меньше, то  $I R = -\frac{d\Phi}{dt} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow (\Phi = \text{const}) \Rightarrow$$

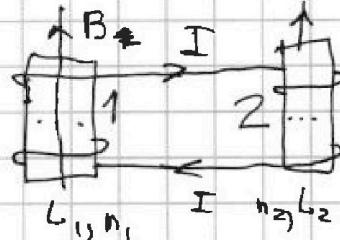
$$\text{для катушки 1: } \Rightarrow L_1 \dot{I}_1 + S_{n_1} \cdot (-\alpha) = 0$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\alpha S n_1}{L_1} = \frac{\alpha S n}{L}$$

$$\Phi_2 = \frac{n_2}{n_1} L_1 I - L_2 I \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} \cdot L_1 \cdot \dot{I}_1 - L_2 \cdot \dot{I}_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{n_2 L_1}{n_1 L_2} \dot{I}_1 \Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{9} \dot{I}_1 = \frac{2}{3} \dot{I}_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{2 \alpha S n}{3 L}$$



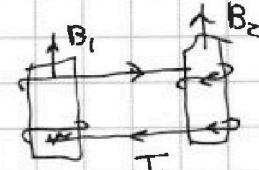
ток через катушки течёт один и тот же, индексы "1" и "2" при  $\dot{I}_1$  и  $\dot{I}_2$  обозначают номер катушки

$$2) \text{ Омическое сопр-е } R \neq 0 \Rightarrow -\frac{d\Phi}{dt} = I R = 0 \Rightarrow (\Phi = \text{const})$$

З-н сохранения потока для контура

с катушками:

$$\begin{aligned} B_0 S n_1 - B_0 S n_2 &= \\ &= \frac{3}{4} B_0 S n_1 + L_1 I - \frac{8}{3} B_0 S n_2 - L_2 I \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} I(L_2 - L_1) &= \left(4 - \frac{8}{3}\right) B_0 S n_2 + \left(\frac{3}{4} - 1\right) B_0 S n_1 = \\ &= \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} - \frac{4}{3}\right) B_0 S n = \frac{4}{3} B_0 S n \Rightarrow \\ &\Rightarrow I = \frac{4 B_0 S n}{4(L_2 - L_1)} = \frac{7 B_0 S n}{4 \cdot L \left(\frac{9}{4} - 1\right)} \Rightarrow \\ &\Rightarrow I = \frac{7 B_0 S n}{5 L} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: 1) } \left| \left( \frac{dI}{dt} \right)_1 \right| = \frac{\alpha S n}{L}; \quad \left| \left( \frac{dI}{dt} \right)_2 \right| = \frac{2}{3} \alpha S n$$

$$2) \quad I = \frac{7 B_0 S n}{5 L}$$



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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

$$F = \frac{2h}{3}, \quad l = \frac{h}{2}$$

ЗАДАЧА 5. Решение:

$S$  — лампочка

$S'$  — ее изобр-е в лице

$S''$  — изобр-е

многого источника  $S'$  в  
"многой лице".

$S_3$  — неосвещ. поверхность зеркала

$S_{\text{ст}}$  — неосвещ. поверхность стены

1)

Найдем изобр-е источника в лице.

$$\text{Ф-ЛА ТОЧК. ЛИМЗЫ}: \frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{3}{2h} - \frac{1}{h} \Rightarrow x = 2h$$

$$\Rightarrow (x = 2h) \rightarrow \text{РАСС-Е } OS' = x \text{ (см. рис) лице}$$

Рассм-м ход краиних лучей,

один из которых проходит

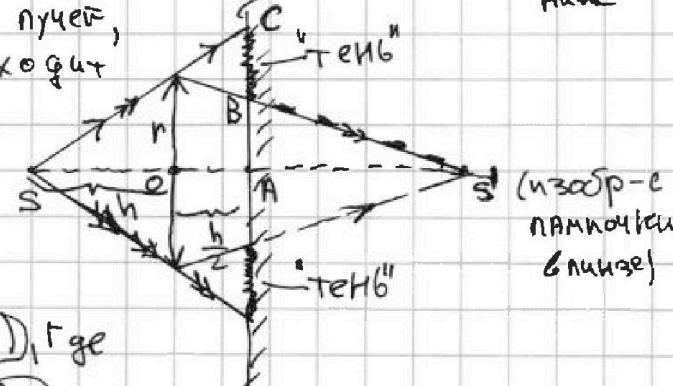
мимо лизы, а другой

преломляется. Абсолют-

но неосвещ. обл. указа-

на на рис. справа,

это ячейка



$$S = \pi (R_2^2 - R_1^2), \text{ где}$$

$$(R_1 = AB), (R_2 = AC)$$

$$\text{Из подобных } \triangle \text{-ков: } \frac{AB}{r} = \frac{AS'}{OS'} = \frac{x - l}{x} = \frac{2 - \frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$$

$$(R_1 = \cancel{r} \frac{3r}{4})$$

$$\frac{AC}{r} = \frac{AS}{\cancel{SO}} = \frac{\frac{3}{2}h}{h} = \cancel{\frac{3}{2}} \Rightarrow R_2 = \frac{3h}{2}$$

ТОТВА

$$S_3 = \pi \left( \frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) r^2 \cancel{= \frac{27}{16} \pi r^2} \quad [\$ \text{не для } \cancel{r^2}]$$

$$S_3 = \frac{27}{16} \pi r^2 \Rightarrow (S_3 = 24 \pi \text{ см}^2)$$

2) Рассм-м "развертку" системы (при "ходе"  $\theta$ )  
зазеркалье" взаимное расположение



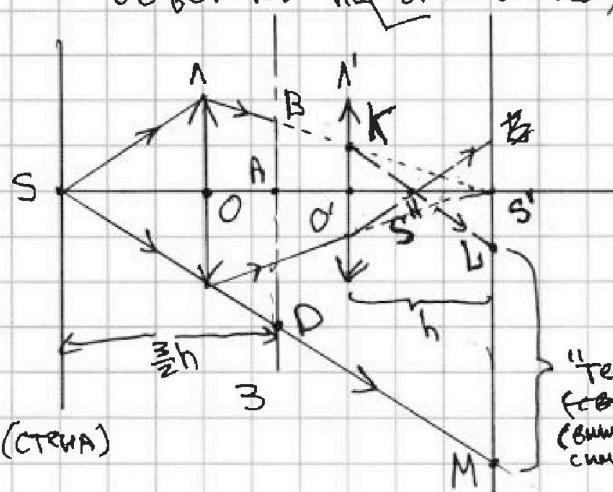
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Объект (изменяется).  $S'$  является минимальным источником для "изображения" линзы в зазоре.



Формула тонк. линзы:

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{O'S'} + \frac{1}{y}$$

$$O'S' = S'O - OO' =$$

$$= zh - h = h$$

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{F} + \frac{1}{h} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{y} = \frac{3}{2h} + \frac{3}{h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = \frac{zh}{5}$$

(на рис. выше  $O'S'' = y$ )

При "ходе в зазоре" лз. расположение объекта неизменно  $\Rightarrow$  темь на (стене) твердже как на (стене). Это можно с радиусами  $S'L$  и  $SM$ , из подобия:  $\frac{S'M}{S'L} = \frac{2r}{2r+2AD} = \frac{3r}{3r+2h} = \frac{3}{5}$

$$\frac{O'K}{r} = \frac{O'S'}{O'S''} = \frac{z}{x} = \frac{1}{2} \Rightarrow O'K = \frac{r}{2}$$

~~$$\frac{S'L}{O'K} = \frac{S'S''}{O'S''} = \frac{h-y}{y} = \frac{\frac{3}{5}h}{\frac{2}{5}h} = \frac{3}{2} \Rightarrow S'L = \frac{3}{2}OK$$~~

$$S'L = \frac{3r}{4}$$

Искомая площадь:  $S_{ct} = \pi((S'M)^2 - (S'L)^2) = \pi(9r^2 - \frac{9r^2}{16})$

$$S_{ct} = \frac{15 \cdot 9}{16} \pi r^2 = \frac{135}{16} \pi r^2 \Rightarrow S_{ct} = 135 \pi \text{ cm}^2$$

Ответ: 1)  $S_3 = 27 \pi \text{ cm}^2$ .

2)  $S_{ct} = 135 \pi \text{ cm}^2$ .



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.

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.

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. Порта QR-кода недопустима!