

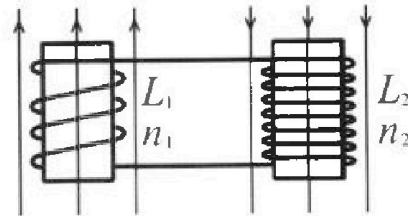
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

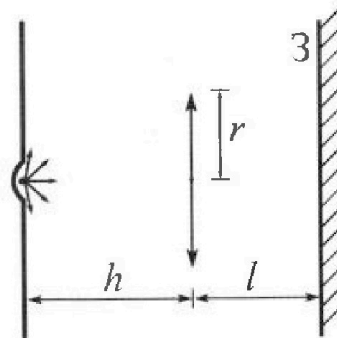


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



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

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



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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



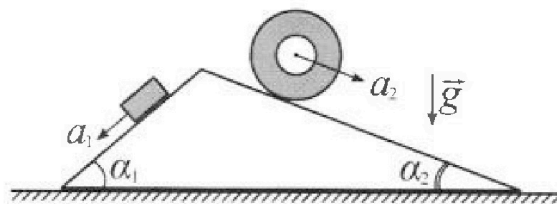
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

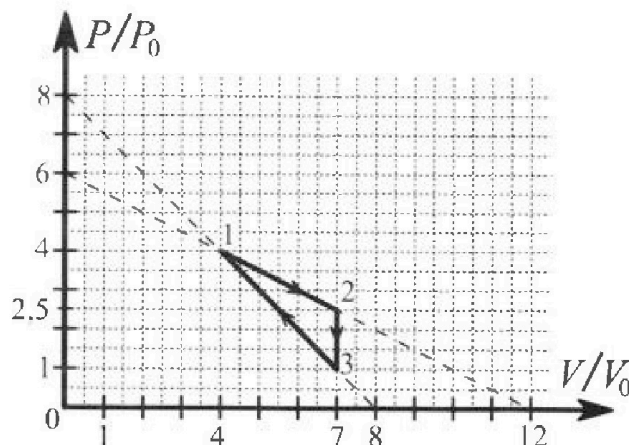


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

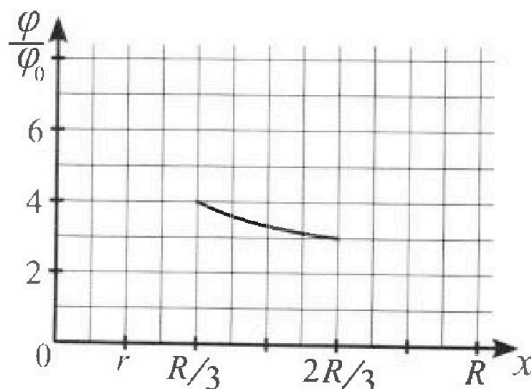
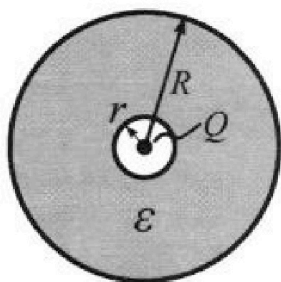
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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



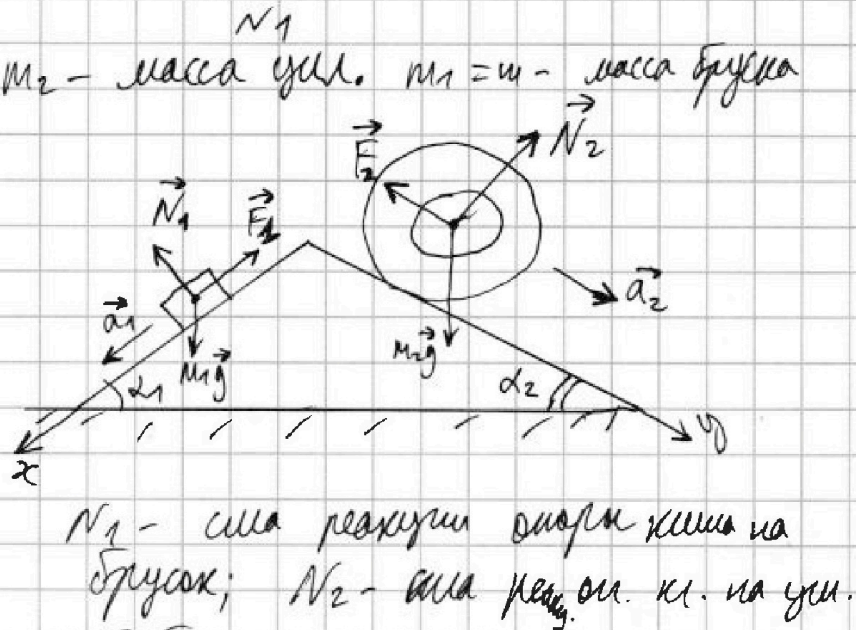


1  2  3  4  5  6  7

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!

Дано:  $a_1 = 5g/13$ ;  $m_2 = 4m$ ;  $a_2 = 5g/24$ ;  $\sin \alpha_1 = 3/5$ ;  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ;  $\sin \alpha_2 = 5/13$ ;  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ;



- 1)  $F_1$  - ?
- 2)  $F_2$  - ?
- 3)  $F_3$  - ?

из II З.К.:

брусок движется по  $x$ :  $m_1 \cdot a_1 = -F_1 + m_1 g \cdot \sin \alpha_1$

$$m \cdot 5g/13 = -F_1 + mg \cdot 3/5$$

$$F_1 = mg \cdot \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = mg \cdot \frac{39 - 25}{13 \cdot 5} = mg \cdot \frac{14}{13 \cdot 5} = mg \cdot \frac{14}{65}$$

цилиндр движется по  $y$ :  $m_2 \cdot a_2 = -F_2 + m_2 g \cdot \sin \alpha_2$

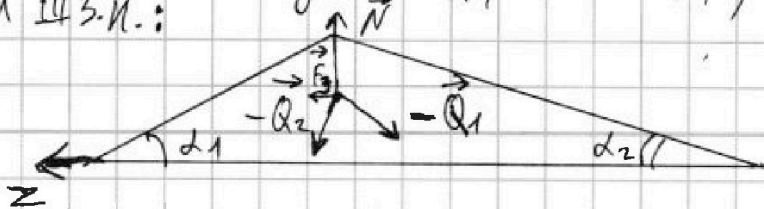
$$4 \cdot m \cdot 5g/24 = -F_2 + 4 \cdot m \cdot g \cdot 5/13$$

$$F_2 = mg \cdot \left( \frac{20}{13} - \frac{5}{6} \right) = mg \cdot \frac{120 - 65}{13 \cdot 6} = mg \cdot \frac{55}{78}$$

применим III З.К.:

$$Q_1 = N_1 + F_1; Q_2 = N_2 + F_2$$

$N$  - сила реакции клина на клин





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!

из II з.п. для кнм в проекции на z:

$$F_{3z} - Q_{2z} - Q_{1z} = 0; F_{3z} = Q_{2z} + Q_{1z}$$

из II з.п. в проекции на z:

для бруска:

$$m_1 \cdot a_1 \cdot \cos \alpha_1 = Q_{1z}; Q_{1z} = m \cdot \frac{5g}{13} \cdot \frac{4}{5}$$

для цилиндра:  $-m_2 \cdot a_2 \cdot \cos \alpha_2 = Q_{2z}$

$$Q_{1z} = mg \cdot \frac{4}{13}; Q_{2z} = -4 \cdot m \cdot \frac{5g}{24} \cdot \frac{12}{13}$$

$$Q_{2z} = -mg \cdot \frac{10}{13};$$

$$F_{3z} = -mg \cdot \frac{10}{13} + mg \cdot \frac{4}{13} = -mg \cdot \frac{6}{13};$$

$$F_3 = |F_{3z}| = mg \cdot \frac{6}{13}$$

Ответ: 1)  $mg \cdot \frac{14}{65}$

2)  $mg \cdot \frac{55}{78}$

3)  $mg \cdot \frac{6}{13}$



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!

Дано:

график;  $i=3$ ;

N2

из графика:  $V_2 = \frac{3}{2} \cdot 2,5 P_0 \cdot 7 V_0$

из графика:  $V_3 = \frac{3}{2} \cdot P_0 \cdot 7 \cdot V_0$

1)  $\frac{|\Delta U_{23}|}{A_{полн}} = ?$

$$|\Delta U_{23}| = |-U_2 + U_3| = \left| \frac{3}{2} \cdot 2,5 \cdot P_0 \cdot 7 V_0 + \frac{3}{2} \cdot P_0 \cdot 7 V_0 \right| = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0 \cdot (2,5 - 1) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0 = \frac{9}{4} \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0; \quad |\Delta U_{23}| = \frac{9}{4} \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0$$

из графика:  $A_{12} = (7-4) \cdot V_0 \cdot \frac{4+2,5}{2} \cdot P_0$

из графика:  $A_{23} = 0$ ; из графика:  $A_{31} = (4-7) \cdot V_0 \cdot \frac{1+4}{2} \cdot P_0$

$$A_{полн} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = (7-4) \cdot V_0 \cdot \frac{4+2,5}{2} \cdot P_0 - (7-4) \cdot V_0 \cdot \frac{1+4}{2} \cdot P_0 = 3 \cdot V_0 \cdot P_0 \cdot \left( \frac{6,5}{2} - \frac{5}{2} \right) = 3 \cdot V_0 \cdot P_0 \cdot \frac{1,5}{2}$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A_{полн}} = \frac{\frac{9}{4} \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0}{\frac{9}{4} \cdot P_0 \cdot V_0} = 7$$

2) ~~в~~ в точке 1 из ур-я Менг-Клау:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \nu \cdot R \cdot T_1$$

ур-е процесса 1-2:  $P(V) = k \cdot V + b$

из графика м.1:  $4 \cdot P_0 = k \cdot 4 \cdot V_0 + b$

из графика м.2:  $2,5 \cdot P_0 = k \cdot 7 V_0 + b$

$$(4-2,5) \cdot P_0 = k \cdot (4-7) \cdot V_0$$

$$k = -\frac{1,5}{3} \cdot \frac{P_0}{V_0}; \quad k = -\frac{1}{2} P_0 \cdot V_0$$

из графика:  $6 \cdot P_0 = 0 \cdot k + b; \quad b = 6 \cdot P_0$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$Q_{12} = 3 \cdot \frac{6,5}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 - \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 = \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot (6,5 - 1,5) = \\ = \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot 5 = \frac{15}{2} \cdot p_0 \cdot V_0$$

Уз I имеет периодичность:

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}; \quad A_{31} = (4-7) \cdot V_0 \cdot \frac{1+4}{2} \cdot p_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot p_0 \cdot 4 \cdot V_0 - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot p_0 \cdot 7 \cdot V_0$$

$$Q_{31} = -\frac{3}{2} \cdot 5 \cdot p_0 \cdot V_0 + \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \underbrace{(16-7)}_9 = \\ = +\frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \underbrace{(9-5)}_4 = 6 \cdot p_0 \cdot V_0$$

$$Q_{\text{коп}} = Q_{12} + Q_{31}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_{12} + Q_{31}} = \frac{\frac{9}{4} \cdot p_0 \cdot V_0}{\frac{15}{2} \cdot p_0 \cdot V_0 + 6 \cdot p_0 \cdot V_0} = \frac{\frac{9}{4}}{\frac{15}{2} + 6} = \\ = \frac{9}{30 + 24} = \frac{9}{54} = \frac{1}{6}$$

Ответ:

- 1) 7
- 2) 9/8
- 3) 1/6

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  
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!

$$(1): P = -\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \cdot V + 6 \cdot P_0 \quad (\text{ур-е процесса 1-2})$$

$$(2): P \cdot V = \gamma \cdot R \cdot T \quad (\text{ур-е осн.})$$

подставим (1) в (2):

$$\left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \cdot V + 6 \cdot P_0\right) \cdot V = \gamma \cdot R \cdot T$$

$$-\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \cdot V^2 + 6 \cdot P_0 \cdot V = \gamma \cdot R \cdot T \quad (\text{квадрат. ф-ция})$$

$V_B$  - вершина параболы

$$V_B = \frac{-6 \cdot P_0}{2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{P_0}{V_0}} = 6 \cdot V_0; \quad \text{в вершине } T_{\text{max}}$$

$$\gamma \cdot R \cdot T_{12 \text{ max}} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \cdot V_B^2 + 6 \cdot P_0 \cdot V_B$$

$$(5): \gamma \cdot R \cdot T_{12 \text{ max}} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{V_0} \cdot 36 \cdot V_0^2 + 6 \cdot P_0 \cdot 6 \cdot V_0 =$$

$$= -18 \cdot P_0 \cdot V_0 + 36 \cdot P_0 \cdot V_0 = 18 \cdot P_0 \cdot V_0$$

делим (5) на (3):

$$\frac{T_{12 \text{ max}}}{T_1} = \frac{18 \cdot P_0 \cdot V_0}{16 \cdot P_0 \cdot V_0} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

3)  $\gamma$  - ?

$$\gamma = \frac{\Delta \text{осн.}}{\Delta \text{квар.}}$$

$$Q_{23} < 0, \text{ т.к. } \Delta U_{23} < 0, \quad A_{23} = 0$$

из I начала термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}; \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 2,5 \cdot P_0 \cdot 7 \cdot V_0 - \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot P_0 \cdot V_0$$

$$Q_{12} = (7 - 4) \cdot V_0 \cdot \frac{4 + 2,5}{2} \cdot P_0 + \frac{3}{2} \cdot 2,5 \cdot P_0 \cdot 7 \cdot V_0 - \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot P_0 \cdot V_0$$



1  2  3  4  5  6  7

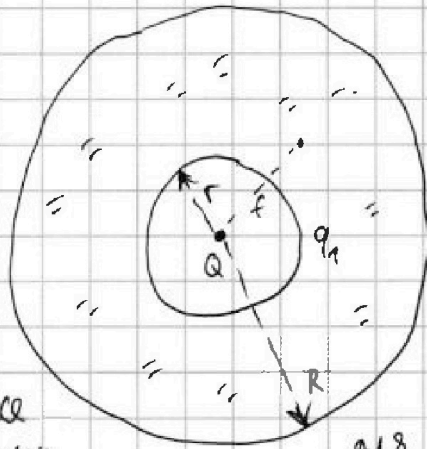
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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

1) Дано:  $r, R, Q, \epsilon;$   
 $\varphi(R/4) - ?$   
 (1): м.к. диэлектрик <sup>№3</sup> заполнено все пространство  $4/9$  диэлектриком.  
 пов-мя: конфигурация поля в диэлектрике не изменится, а  $\vec{E}$  уменьшится в  $\epsilon$  раз;

из симметрии  
 имеем сф.  
 поверхность вокруг  
 верт оси прох.  
 через  $Q$ :

$q_1$  и  $q_2$  распределены  
 равномерно по пов-ти  
 густ.



$f$  - произвольн. радиус до внутр.  
 точки в густ.

для напр. <sup>на</sup> поверхности густ:

$$\text{из (1): } \frac{k \cdot Q}{\epsilon \cdot f^2} = \frac{k \cdot Q}{f^2} + \frac{k \cdot q_1}{f^2}$$

$$\frac{Q}{\epsilon} = Q + q_1;$$

принцип суперпоз. помешу:  $q_1 = Q \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)$

$$\varphi(R/4) = \varphi_{q_1}(R/4) + \varphi_Q(R/4) + \varphi_{q_2}(R/4)$$

$$\varphi_{q_1}(R/4) = \frac{k \cdot q_1}{R/4} = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)$$

$$\varphi_Q(R/4) = \frac{k \cdot Q}{R/4} = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{R}; \quad \varphi_{q_2}(R/4) = \frac{k \cdot q_2}{R}$$

$$\varphi(R/4) = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right) + \frac{4 \cdot k \cdot Q}{R} + \frac{k \cdot q_2}{R}$$

~~$$\varphi(R/4) = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right) + \frac{4 \cdot k \cdot Q}{R} + \frac{k \cdot q_2}{R}$$~~



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!

~~из графика:  $\varphi(R/3) = 4 \cdot \varphi_0$ ;  $\varphi(2R/3) = 3 \cdot \varphi_0$~~

~~обобщим (2):  $\varphi(f) = \frac{k \cdot Q}{\varepsilon \cdot f}$ ;~~

~~$\frac{k \cdot Q}{\varepsilon \cdot R/3} = 4 \cdot \varphi_0$ ;  $\frac{k \cdot Q}{\varepsilon \cdot 2R/3} = 3 \cdot \varphi_0$~~

~~$\frac{k \cdot Q}{\varepsilon \cdot R} = \frac{4}{3} \cdot \varphi_0$ ;  $\frac{k \cdot Q}{\varepsilon \cdot R} = 2 \cdot \varphi_0$~~

будем считать, что дисбаланс зарядов не  
он зарядов:  $q_2 + q_1 = 0$ ;  $q_2 = Q \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$

(1):  $\varphi(R/4) = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{R} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 + 1 + \frac{1}{4}\right) = \frac{4 \cdot k \cdot Q}{R} \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{4}\right)$

обобщим формулу (1):  
(3):  $\varphi(f) = \frac{k \cdot Q}{f} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{f}{R}\right)$

2)  $\varepsilon = 7$  из условия:  $\varphi(R/3) = 4 \cdot \varphi_0$ ;  $\varphi(2R/3) = 3 \cdot \varphi_0$

из (3):  $\varphi(R/3) = \frac{3 \cdot k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{3}\right)$

$\varphi(2R/3) = \frac{3}{2} \cdot \frac{k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{3}\right)$

$$\begin{cases} 4 \cdot \varphi_0 = \frac{3 \cdot k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{3}\right) \\ 3 \cdot \varphi_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{3}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4 \cdot \varphi_0 = \frac{3 \cdot k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{3}\right) \\ 3 \cdot \varphi_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{k \cdot Q}{R} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{2}{3}\right) \end{cases}$$

Тогда  $\alpha = \frac{\varphi_0 \cdot R}{k \cdot Q}$ , тогда:



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!

$$\begin{cases} \frac{4}{3} \alpha = \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{3} \\ 2 \cdot \alpha = \frac{1}{\epsilon} + \frac{2}{3} \end{cases}$$

поделим уравнения на друга:

$$\frac{2}{3} = \frac{\frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{3}}{\frac{1}{\epsilon} + \frac{2}{3}}$$

$$\frac{2}{3} \epsilon^{-1} + \frac{4}{9} = \epsilon^{-1} + \frac{3}{9}$$

$$\frac{1}{9} = \frac{1}{3} \epsilon^{-1}$$

$$\frac{1}{3} = \epsilon^{-1}$$

$$\epsilon = 3$$

Ответ: 1)  $\frac{4 \cdot k \cdot Q}{R} \left( \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{4} \right)$

2) 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  
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!

из II пр. Кирсл:

$$E_1 + E_2 = 0;$$

$$\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = 0;$$

$$\Delta \Phi_1 + \Delta \Phi_2 = 0;$$

$$\Delta \Phi_1 = (B_{1\text{ком}} - B_{1\text{нар}}) \cdot n_1 \cdot S + (I_{\text{ком}} - I_{\text{нар}}) \cdot L_1$$

$$\Delta \Phi_2 = -(B_{2\text{ком}} - B_{2\text{нар}}) \cdot n_2 \cdot S + (I_{\text{ком}} - I_{\text{нар}}) \cdot L_2$$

$$\Delta \Phi_1 = -\frac{B_0}{2} \cdot n \cdot S + (I_{\text{ком}} - I_{\text{нар}}) \cdot L$$

$$\Delta \Phi_2 = -\left(\frac{B_0 \cdot 2}{3} - 2 \cdot B_0\right) \cdot 2 \cdot n \cdot S + (I_{\text{ком}} - I_{\text{нар}}) \cdot L_2$$

$$\Delta \Phi_2 = \frac{8}{3} \cdot B_0 \cdot n \cdot S + (I_{\text{ком}} - I_{\text{нар}}) \cdot L \cdot 4$$

из условия  $I_{\text{нар}} = 0$ ;

$$-\frac{B_0}{2} \cdot n \cdot S + I_{\text{ком}} \cdot L + \frac{8}{3} \cdot B_0 \cdot n \cdot S + 4 \cdot I_{\text{ком}} \cdot L = 0$$

$$-5 \cdot I_{\text{ком}} \cdot L = B_0 \cdot n \cdot S \left(-\frac{1}{2} + \frac{8}{3}\right) = B_0 \cdot n \cdot S \cdot \left(\frac{-3}{6} + \frac{16}{6}\right) =$$

$$= \frac{13}{6} \cdot B_0 \cdot n \cdot S; \quad |I_{\text{ком}}| = \frac{13}{30} \cdot \frac{B_0 \cdot n \cdot S}{L}$$

Ответ: 1)  $\frac{\alpha \cdot n \cdot S}{5 \cdot L}$

2)  $\frac{13}{30} \cdot \frac{B_0 \cdot n \cdot S}{L}$

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



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 4

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

Дано:

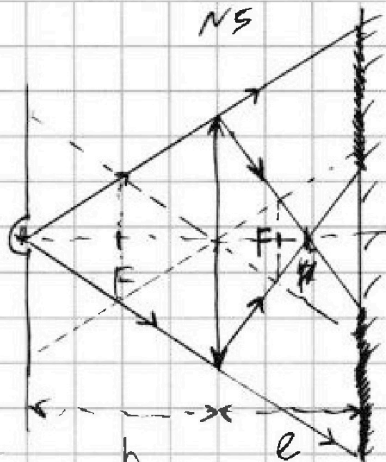
$$h; F = \frac{h}{2};$$

$$\Gamma = 3 \text{ см};$$

$$l = \frac{2h}{3};$$

$$1) S_3 = ?$$

$$2) S_c = ?$$



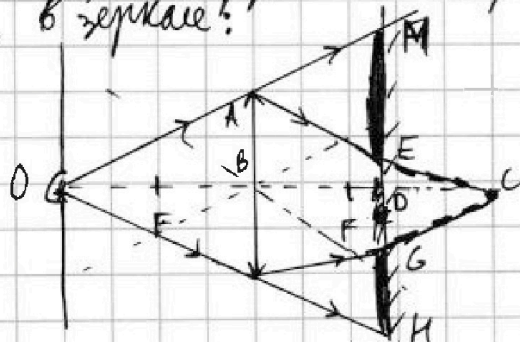
Заметим, что в выделенную часть зеркала не попадают лучи от изображения

Пусть  $a$  - расстояние от линзы до изображения:

из формулы соб. линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{a}$ ;

$$\frac{2}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{a}; \quad a = h, \text{ зная рисунок}$$

непрямой; корректный рисунок:  
до оп. в зеркале:



$ME$  и  $GH$  совпадают  
из симм.  $ME = GH$   
 $C$  - изображение в линзе

$$AB = \Gamma$$

$$OD = h + l = \frac{5h}{3}$$

$$OB = h$$

$$\Delta OBA \sim \Delta ODM: \quad \frac{OB}{OD} = \frac{AB}{DM};$$

$$\frac{h}{\frac{5}{3}h} = \frac{\Gamma}{DM}; \quad \boxed{DM = \frac{5}{3}\Gamma};$$

$$DC = a - l = \frac{h}{3}$$

$$BC = a = h;$$

$$\Delta ABC \sim \Delta EDC:$$

$$\frac{AB}{ED} = \frac{BC}{DC}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 4

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

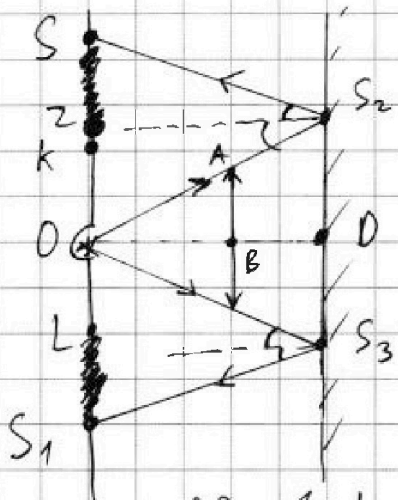
$\frac{3}{h} + \frac{1}{d} = \frac{2}{h}$ ;  $\frac{1}{d} = -\frac{1}{h}$ ;  $d = -h$ . Значит  
точки  $C_1$  и  $C_2$  совпадают

из  $\Delta BMC_1 \sim \Delta BVC$ :  $BC_1 = h/3$   
 $\frac{BM}{r} = \frac{h/3}{h}$ ;  $BM = r/3$ ;

из  $\Delta OLC_2 \sim \Delta BMC_2$ :  
 $\frac{OL}{r/3} = \frac{2h}{h}$ ;  $OL = \frac{2r}{3}$

$KL$  - освещённая об; из симметрии

$DK = OL$ ; построим "крайние" лучи, попадающие на зеркало, не проходя через линзу, пришедшие из той стороны



$SK$  и  $LS_1$  - не освещённые  
лучи

из рав-ва  $\Delta SS_2Z$  и  
 $\Delta zS_2O$

$$OS = OS_2 \cdot 2$$

из подобия  $\Delta OAB$  и  $\Delta OS_2D$

$$\frac{AB}{S_2D} = \frac{OB}{OD}$$

$$\frac{r}{S_2D} = \frac{h}{\frac{5}{3}h}$$

$$S_2D = \frac{5}{3}r$$

из симм.:  $OK = OL$ ;  $OS = OS_1$



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 4

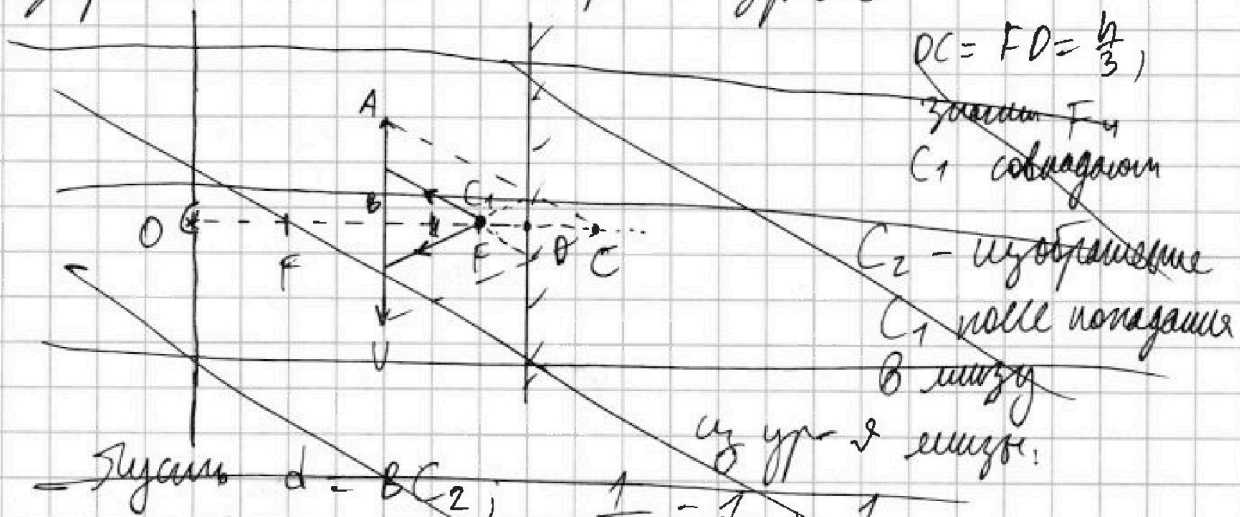
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{r}{ED} = \frac{h}{1/3} ; \quad ED = \frac{1}{3} r$$

$$S_3 = \pi \cdot DM^2 - \pi \cdot DE^2 = \pi \cdot r^2 \cdot \left( \left( \frac{5}{3} \right)^2 - \left( \frac{1}{3} \right)^2 \right) =$$

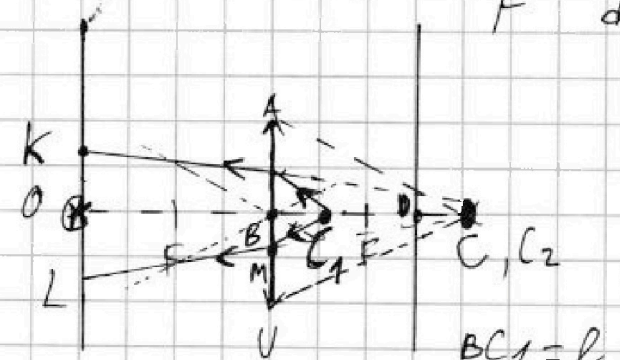
$$= \pi \cdot r^2 \cdot \left( \frac{25}{9} - \frac{1}{9} \right) = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{24}{9} = 24 \pi (\text{см}^2)$$

Точка отражения в зеркале:  $C_1$  - ~~изображение~~  
изображение  $C$  относительно зеркала



Расстояние  $d = BC_2$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$$



Расстояние  $C_2$  - изобр.  $C_1$  не попадает в линзу

$AC$  и  $VC$  - крайние лучи из  $C_1$ , т.к. было омп. в зеркале

из формулы  $d < 0$ , если

Расстояние  $d$  - расстояние от линзы до  $C_2$ , но  $C_1$  и  $C_2$  с одной стороны от линзы  
линзы:  $\frac{1}{BC_1} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$



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  
4 из 4

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

$$OS = \frac{10}{3} r$$

$$S_c = \pi \cdot OS^2 - \pi \cdot OK^2 =$$

$$= \cancel{100} \pi \cdot \frac{100}{9} \cdot r^2 - \pi \cdot \frac{4}{9} \cdot r^2 =$$

$$= 100 \pi \cancel{r^2} \text{ см}^2 - 4 \pi \text{ см}^2 = 96 \pi \text{ см}^2$$

ответ: 1)  $24 \pi \text{ см}^2$

2)  $96 \pi \text{ см}^2$