



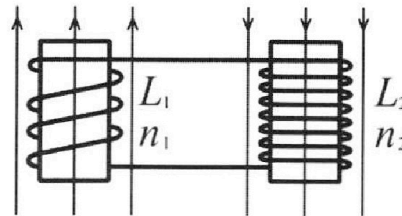
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

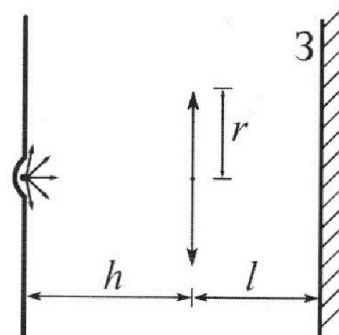


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

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



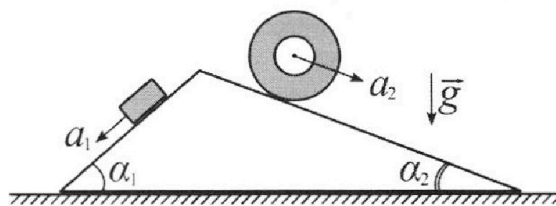
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

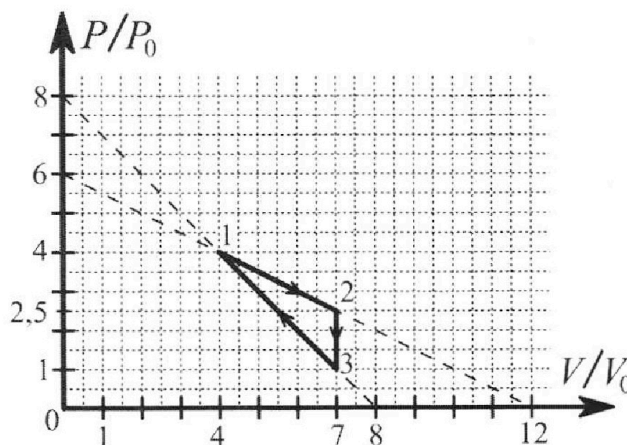


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

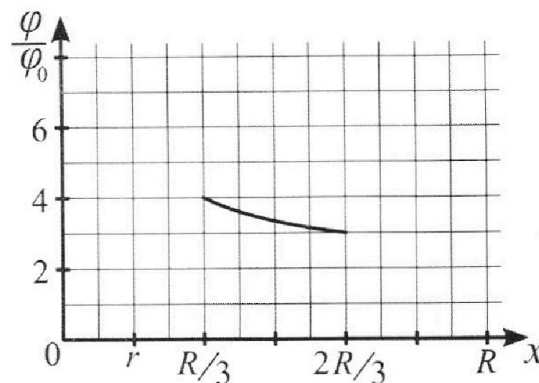
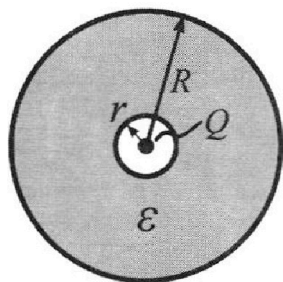
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





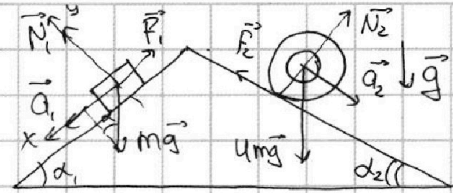
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

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

1. Клин покоится; примем его за неподвижную наклонную плоскость.



$\vec{N}_1$  — сила реакции опоры; введём ось  $Oy$  ( $Oy \parallel \vec{N}_1$ )  
и ось  $Ox$  ( $Ox \perp Oy$ ;  $Ox \parallel \vec{a}_1$ )

На ось  $Oy$ :  $N_1 = mg_y$ ;  $N_1 = mg \cos \alpha$

На ось  $Ox$ :  $ma_1 = mg_x - F_1$ ;  $ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N_1$

~~$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$~~ ;  $F_1 = mg \sin \alpha - ma_1$

$F_1 = m(g \sin \alpha - a_1) = m \left( g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5g}{13} \right) = \frac{3mg}{5} - \frac{5mg}{13} = \frac{14mg}{65}$

Ответ: 1)  $\frac{14mg}{65}$ .

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!

Ур-ние касательной:  $p = \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} - p' = -\frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}}$

$p = f(V_k) + f'(V_k) \cdot (V - V_k)$ , где  $f(V_k) = \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}}$  - объем в г. касания.

$p = \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} - \frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} \cdot (V - V_k)$   $p = \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} + \frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} \cdot V - \frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} \cdot V_k$

$p = \delta p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$   $p = \frac{\delta}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} - \frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} V$

Условие совпадения прямых:

$$\begin{cases} \frac{\delta}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} = \delta p_0 \\ \frac{p_0}{V_0} = \frac{5}{3} \cdot \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} = 3p_0 \\ \frac{3}{5} \cdot \frac{p_0}{V_0} = \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} : \frac{m_1}{V_k^{\frac{8}{3}}} = 3p_0 : \frac{3p_0}{5V_0} \\ V_k = 5V_0 \end{cases}$$

$m_1 = 3p_0 \cdot V_k^{\frac{5}{3}} = 3p_0 \cdot (5V_0)^{\frac{5}{3}}$

$p_k = \frac{m_1}{V_k^{\frac{5}{3}}} = 3p_0$  - давление в точке касания

Для прямой L-3: (постоянная для адиабаты -  $m_2$ ;  $pV^{\frac{5}{3}} = m_2$ )

$p = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V$   $\begin{cases} 6p_0 = \frac{\delta}{3} \cdot \frac{m_2}{V_k^{\frac{5}{3}}} \\ \frac{p_0}{2V_0} = \frac{5}{3} \cdot \frac{m_2}{V_k^{\frac{8}{3}}} \end{cases}$   $\frac{\delta}{5} V_k = 12V_0$

$V_k = 7.5V_0$

Отсюда точка касания L-3 с

$p_{k1} = \frac{m_2}{V_k^{\frac{5}{3}}} = \frac{9}{4} p_0$

адиабатой имеет координату  $(5V_0; 3p_0)$

Тогда касание L-2 -  $(7.5V_0; \frac{9}{4} p_0)$

(в процессе)

На отрезке L-2 газ всё время получает тепло;

(в процессе)

на отрезке 3-1 он получает тепло до точки  $(5V_0; 3p_0)$ .

\* координаты точки указаны в осях  $pV$ , в осях  $\frac{p}{p_0}; \frac{V}{V_0}$

Тогда касание L-3 с адиабатой имеет координату  $(5; 3)$



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  
4 ИЗ 4

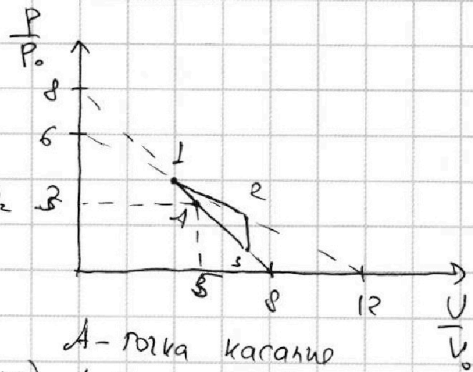
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$  — кол-во теплоты в проц. 1-2.

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{4P_0 + 2.5P_0}{2} \cdot (7V_0 - 4V_0) = 6.5P_0 \cdot 3V_0 = \frac{39P_0 V_0}{4}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{5}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \cdot (7P_0 \cdot 2.5P_0 - 4V_0 \cdot 4P_0) = \frac{3}{2} \cdot (12.5 - 16) P_0 V_0 = \frac{9}{4} P_0 V_0$$

$$Q_{12} = \frac{39P_0 V_0}{4} + \frac{9P_0 V_0}{4} = \frac{48P_0 V_0}{4} = 12P_0 V_0$$



A — точка касания  
1-3 с адiabатой!  
 $A(5V_0, 3P_0)$   
 $V_{PA} = 5V_0$   
 $P_{PA} = 3P_0$

$Q_{3A} = A_{3A} + \Delta U_{3A}$  — кол-во теплоты в процессе 3-A.

$$\Delta U_{3A} = \frac{3}{2} (P_A V_A - P_3 V_3) = \frac{3}{2} (1.5P_0 V_0 - 7P_0 V_0) = 12P_0 V_0$$

$$A_{3A} = (P_A + P_3) \cdot \frac{1}{2} \cdot (V_A - V_3) = (3P_0 + P_0) \cdot \frac{1}{2} \cdot (5V_0 - 7V_0) = -4P_0 V_0$$

Отсюда  $Q_{3A} = 8P_0 V_0$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{3A} + Q_{12} = 8P_0 V_0 + 12P_0 V_0 = 20P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{пол}}} = \frac{\frac{9}{4} P_0 V_0}{20P_0 V_0} = \frac{9}{80} \neq \frac{48}{400}$$

Ответ: 1) 7; 2)  $\frac{9}{8}$ ; 3)  $\frac{9}{80}$ .

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!

2. 1) Найдем  $|\Delta U_{23}|$ :

$$|\Delta U_{23}| = |U_3 - U_2| = \left| \frac{i}{2} \nu R T_3 - \frac{i}{2} \nu R T_2 \right|;$$

( $i$  - кол-во степеней свободы;  $T_k$  - темп-ра в точке  $k$ ;  $p_k$  и  $V_k$  - соотв-но давление и обьем в т.  $k$ );  $i=3$ , т.к. газ одноатомный

$$|\Delta U_{23}| = \left| \frac{3}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2 \right| \quad (p_k V_k = \nu R T_k) \text{ по 3. Менд.-кван}$$

$$|\Delta U_{23}| = \left| \frac{3}{2} \cdot p_0 \cdot 7V_0 - \frac{3}{2} \cdot 25p_0 \cdot 7V_0 \right| = \frac{15}{4} \cdot 7p_0 V_0 - \frac{21}{2} p_0 V_0 = \frac{105p_0 V_0}{4} - \frac{42p_0 V_0}{4} = \frac{63p_0 V_0}{4}$$

Работа за цикл  $A$  - площадь треугольника 123 в осях  $PV$

$$A = \frac{1}{2} \cdot (p_2 - p_3) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \cdot (25p_0 - p_0) \cdot (7V_0 - 4V_0) = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{63p_0 V_0}{4}}{\frac{9p_0 V_0}{4}} = 7$$

2) Максимальная температура газа на прямой 12 достигается в т. касания изотермы и 2гой прямой.

$$\frac{p}{p_0} = 6 - \frac{1}{2} \cdot \frac{V}{V_0}, \text{ или } p = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V$$

уравнение изотермы:  $pV = k$ ; где  $k$  - некоторая постоянная

$$\begin{cases} p = \frac{k}{V} \\ p = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V \end{cases} \text{ - система имеет 1 реш. в точке касания}$$

$$\frac{k}{V} = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V \quad | \cdot V \neq 0$$

$$k = 6p_0 V - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V^2 \quad | \cdot 2 \rightarrow \frac{p_0}{V_0} V^2 - 12p_0 V + 2k = 0$$

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  
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!

$$D = 144 p_0^2 - 8k \cdot \frac{p_0}{V_0} = 0; \quad 144 p_0 = \frac{8k}{V_0}; \Rightarrow k = \frac{144 p_0 V_0}{8} = 18 p_0 V_0$$

$$\frac{p_0}{V_0} V^2 - 12 p_0 V + 36 p_0 V_0^2 = 0; \quad \frac{p_0}{V_0}$$

$$V^2 - 12 V V_0 + 36 V_0^2 = 0; \quad (V_x - 6V_0)^2 = 0 \Rightarrow V_x = 6V_0 \text{ (объем в т. касания)}$$

$$p_x = \frac{k}{V} = \frac{18 p_0 V_0}{6 V_0} = 3 p_0 \text{ (давление в т. касания)}$$

Пусть  $T_m$  - макс. температура в процессе 1-2.

$$p_x V_x = \nu R T_m; \quad 3 p_0 \cdot 6 V_0 = \nu R T_m \Rightarrow T_m = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\text{в точке 1: } p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{4 p_0 \cdot 4 V_0}{\nu R} = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_m}{T_1} = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R} : \frac{16 p_0 V_0}{\nu R} = \frac{9}{8}$$

$$3) \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}}; \quad A_{12} = \frac{9}{4} p_0 V_0;$$

$Q_{23} = \Delta U_{23} < 0; \Rightarrow$  в проу. 2-3 газ отдает теплоту.

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$ , по 1-му закону термодинамики.

В процессе 1-2 газ получает теплоту до точки касания с адиабатой, после этого он отдает теплоту, то же самое и в процессе 2-3.

$$\text{Уравнение прямой 1-3: } \frac{p}{p_0} = \delta - \frac{V}{V_0}, \text{ или } p = \delta p_0 - \frac{p_0}{V_0} V;$$

Уравнение адиабаты для одноатомного газа:  $p V^{\frac{5}{3}} = m$ ; где  $m$  - некоторая постоянная для данной адиабаты.

$$\begin{cases} p V^{\frac{5}{3}} = m, \\ p = \delta p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \end{cases} \quad \begin{cases} p = \frac{m_1}{V^{\frac{5}{3}}} \\ p = \delta p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \end{cases}$$

Ур-ние касательной к графику  $p = \frac{m_1}{V^{\frac{5}{3}}}$  совпадает с ур-нием прямой 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 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!

3. 1) При  $x=r$ ,  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ , при  $r < x < R$ ,  $\varphi = \frac{kQ}{r + \epsilon(x-r)}$   
 При  $x = \frac{R}{4}$ ,  $\varphi = \frac{kQ}{r + \epsilon(\frac{R}{4} - r)}$  (при  $\frac{R}{4} > r$ );  $\varphi = \frac{4kQ}{R}$  (при  $\frac{R}{4} < r$ ).

2) При  $x = \frac{2R}{3}$ :

$\varphi = 3\varphi_0 = \frac{kQ}{r + \epsilon(\frac{2R}{3} - r)}$ ,  $r = \frac{R}{6}$ , из графика:  $R = 6r$ ,  $\frac{2R}{3} = 4r$ .

$\varphi = \frac{kQ}{r + \epsilon(4r - r)} = \frac{kQ}{r + 3\epsilon r}$

$\varphi = \frac{kQ}{r + \epsilon(\frac{R}{3} - r)} = \frac{kQ}{r + \epsilon(2r - r)} = \frac{kQ}{r + \epsilon r} = 4\varphi_0$

$\begin{cases} \frac{kQ}{r + 3\epsilon r} = 3\varphi_0 \\ \frac{kQ}{r + \epsilon r} = 4\varphi_0 \end{cases}$

$\frac{r + 3\epsilon r}{r + \epsilon r} = \frac{4}{3}$ ,  $3r + 9\epsilon r = 4r + 4\epsilon r$

$r = 5\epsilon r$ ,  $\epsilon = \frac{1}{5} = 0.2$

Омб: 1)  $\frac{kQ}{r + \epsilon(\frac{R}{4} - r)}$ , 2) 0.2

1)  $\frac{4kQ}{R}$





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  
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!

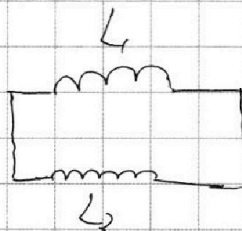
4. 1) Для катушки  $L_1$ :

$$\mathcal{E}_{i1} = -n_1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n_1 \frac{\Delta B S \cos \alpha}{\Delta t} = -n S \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Во 2-й катушке возникает ЭДС самоиндукции:

$$\mathcal{E}_{i2} = -L_2 \frac{dI}{dt} = -4L \frac{dI}{dt}$$

В катушке  $L_1$  тоже возникает ЭДС самоиндукции (противостоит возникновению тока).



$$\mathcal{E}_{i1} = -L_1 \frac{dI}{dt}$$

Отсюда  $|\mathcal{E}_i| = 4L \frac{dI}{dt} + L \frac{dI}{dt}$  ( $\mathcal{E}_i$  способствует возникновению тока,  $\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$  — препятствуют)

$$nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = 5L \frac{dI}{dt}$$

$$nS \cdot \alpha = 5L \frac{dI}{dt}; \quad \frac{dI}{dt} = j = \frac{nS \alpha}{5L}$$

$$2) \mathcal{E}_{i1} = -n_1 \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = -n \frac{d\Phi_1}{dt} = -n \frac{S \cos \alpha dB}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{i1} = -nS \frac{dB}{dt} \quad \text{— для 1-й катушки}$$

$$\mathcal{E}_{i2} = -n_2 \frac{d\Phi_2}{dt} = -2nS \frac{dB_2}{dt} \quad \text{— для 2-й катушки}$$

$\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$  сонаправлены,  $\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$  (ЭДС самоиндукции катушек) направлены противоположно  $\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$ \*

$$|\mathcal{E}_{i1}| + |\mathcal{E}_{i2}| = \mathcal{E}_{i1} + \mathcal{E}_{i2}$$

$$nS \frac{dB_1}{dt} + 2nS \frac{dB_2}{dt} = L \frac{dI}{dt} + 4L \frac{dI}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$nS dB_1 + 2nS dB_2 = 5L dI$$

$$\int_{B_{02}}^{B_0} nS dB_1 + \int_{B_0}^{2B_0} 2nS dB_2 = \int_0^j 5L dI$$



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!

$$nS \cdot \frac{B_0}{2} + 2nS \cdot \frac{4B_0}{3} = 5L \cdot I_1$$

$$\frac{nSB_0}{2} + \frac{8nSB_0}{3} = 5LI_1$$

$$\frac{3nSB_0 + 16nSB_0}{6} = 5LI_1$$

$$\frac{19nSB_0}{6} = 5LI_1 \quad I_1 = \frac{19nSB_0}{30L}$$

\* одна пара осей  $E_1$  и  $E_2$ , <sup>сонаправлены с</sup> ~~разнонаправлены~~ <sup>внешними</sup> полями (в цепи вн. поля идут в одном направлении).

Ответ: 1)  $\frac{nS\alpha}{5L}$ ; 2)  $\frac{19nSB_0}{30L}$



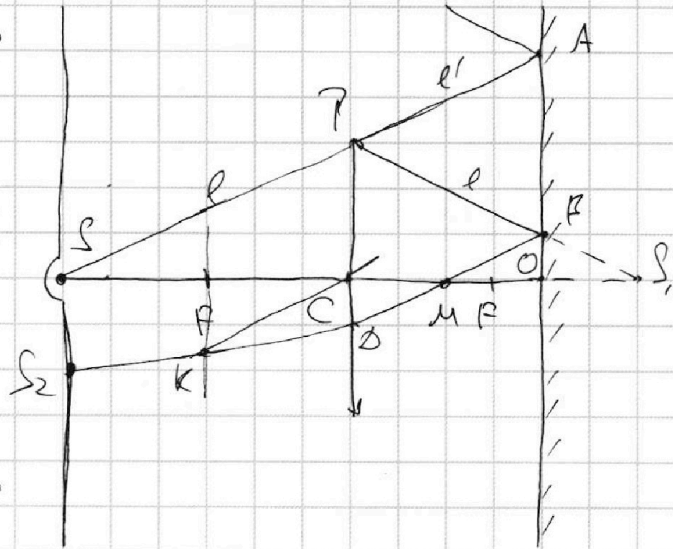
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

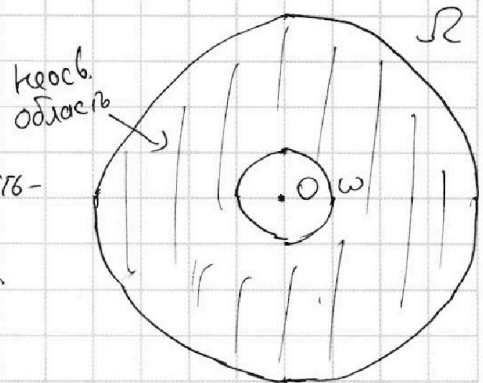
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

5.1) Пусть  $\Sigma$  - го ризонтальная плоскость, проходящая  $\perp$  главной оси линзы. Т.к. все элементы опт. системы симметричны отн. плоскости  $\Sigma$  освещённые области зеркала и стены также симметричны отн.  $\Sigma$  как и неосвещённые.



Рассмотрим луч, идущий к самому краю линзы (луч  $l$ ).  $l$  преломляется а  $l'$  смещённой на предельно малый угол вверх - не преломляется. Вся область за точкой  $A$  падения луча  $l'$  освещена, как и вся область между точкой  $B$  падения луча  $l$  и точкой  $O$  пересечения главной опт. оси линзы и луча  $l$ .

Т.к. картина лучей на зеркале получается вращением относительно главной опт. оси, первая осв. область - круг диаметром  $OB$  радиусом  $OA$ ; вторая - часть зеркала за кругом диаметром  $OA$  радиусом  $OB$ .



Найдём  $OA$ :

Пусть  $S$  - точка, в  $h$ -й находится лампа.

$C$  - центр линзы;  $P$  - ~~верхний~~ край линзы (луч  $l$  - луч  $SP$ ).

$$\triangle SPT \text{ с } \angle SPT = 90^\circ \Rightarrow \frac{OS}{CS} = \frac{OA}{CT}; OS = h+l = \frac{5h}{3}; CS = h.$$

$$\frac{OA}{h} = \frac{OA}{h} = \frac{5}{3}; OA = \frac{5}{3}h$$

Найдём  $OB$ : т.  $S$  лежит на двойном фокусе линзы поэтому при отсутствии зеркала её изображение ...



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!

... находилось бы на расстоянии  $2R = h$  от точки  $S$ .

Пусть  $S_1$  — центр точки  $S$  при отсутствии зеркала  
&  $OB \perp S_1S$ , тогда  $CS_1 = \frac{CS}{OB} = \frac{CS}{h} = h : \frac{2h}{3} = \frac{3}{2}$   $CS_1 = h$ ,  $SO_2 = h - \frac{2h}{3} = \frac{h}{3}$

$$\frac{CS}{OB} = 2.5 \Rightarrow OB = \frac{CS}{2.5} = \frac{r}{2.5}$$

Пусть  $\Omega$  — окр-ль диаметром радиусом  $OA$ ,  $\omega$  — окр-ль радиусом  $OB$ ; тогда площадь месв. части  $S = S_{\Omega} - S_{\omega} =$

$$= \pi \cdot OA^2 - \pi \cdot OB^2 = \pi \cdot \left( \left( \frac{5r}{3} \right)^2 - \left( \frac{r}{3} \right)^2 \right) = \pi \cdot (25 - 1) \text{ см}^2 = 24\pi \text{ см}^2$$

2) Если при отражении луч  $l'$  попал в точку  $A'$  стены, то  $OA' = 2OA = \frac{10r}{3}$ ; вся область за кругом радиуса  $\frac{10r}{3}$  освещена.

Отразим луч  $l'$ ; пусть он пересекает линзу в т.  $D'$

$$\text{тогда } D'T = 2 \cdot (r - OB) = \frac{4r}{3}; \quad OD = \frac{r}{3}$$

Прямая  $CK$  ( $CK \parallel BD$ ) пересекает фокальную плоскость в точке  $k$ ;  $\frac{FK}{CF} = \frac{CD}{CM}$ , где  $M$  — т. пересечения  $BD$  и

главной оптической оси.  $OB = CD$ ;  $\Rightarrow CM = OM = \frac{CO}{2} = \frac{h}{2}$

$$\frac{FK}{CF} = \frac{CD}{CM} = \frac{r}{h}; \Rightarrow FK = \frac{r}{2}$$

$$\frac{FK - CD}{CF} = \frac{(S_2 - k) / SF}{CF}; \quad FK - CD = S_2 - FK; \Rightarrow S_2 = 2FK - CD$$

$= \frac{2r}{3}$ ; где  $S_2$  — т. пересечения луча  $Dk$  и стены.

$$\text{Площадь месв. части стены } S_c = \pi \cdot (SA'^2 - S_2^2) = \pi \cdot \left( \left( \frac{10r}{3} \right)^2 - \left( \frac{2r}{3} \right)^2 \right)$$

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!

$$S_2 = \pi \cdot (100 - 4) = 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $24\pi \text{ см}^2$ , 2)  $96\pi \text{ см}^2$

\* Построение луча: преломл. луч проходит  $2/3 r$  пересечения прямой, нар. исходному лучу, и фокальной плоскости.

Вся часть плоскости, находящаяся в кругу радиуса  $S_2$ , освещена.

Если вращать прямую  $OA$ , в угитывая косв. участки относительно прямой  $SO$ , в получим картину ~~тени~~ на зеркале, если вращать пр.  $S_2$  - получим света картина ~~тени~~ света на стене.



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

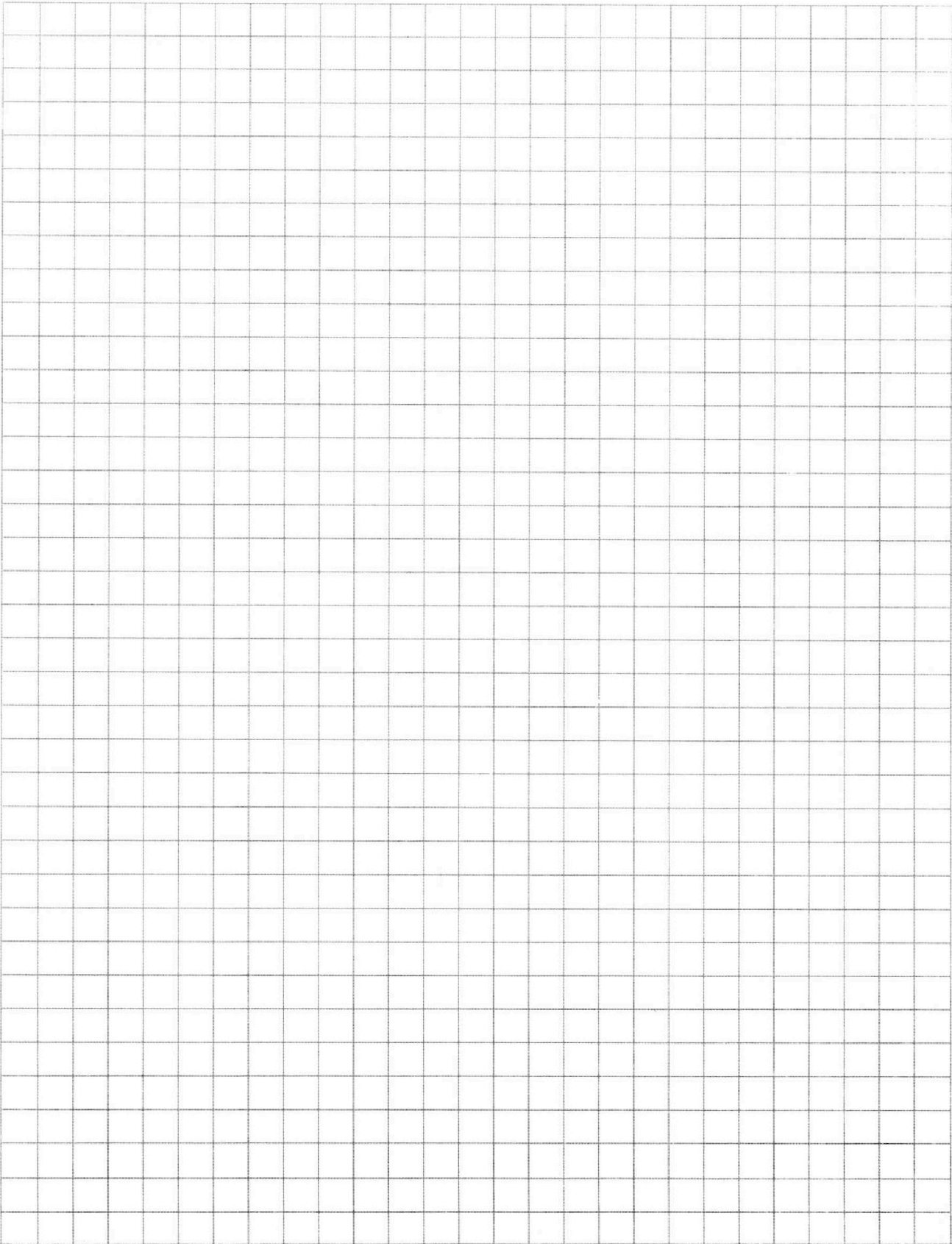
5

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.

- 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!

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $L_1 \rightarrow \frac{B_0 - B_0}{2}$      $\frac{m_2}{V_{k3}} = \frac{1}{g} \frac{J}{P_0^2}$      $\epsilon_{i1} = L \frac{dJ}{dt} = \epsilon_{i2} = L \frac{dJ}{dt}$

$E \sim R \ Q \ P$      $n \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} = L \frac{dJ}{dt} = 2n \cdot S \cdot \frac{dB}{dt}$

$\frac{R}{S} \rightarrow \frac{2R}{3}$      $y_0$      $x_2 = \frac{R}{4}$      $-uL \cdot \frac{dJ}{dt}$

$\frac{U_0}{S} = \frac{6P_0}{P_0} = 6 \frac{V}{m}$      $\frac{R}{S} = \frac{2R}{3}$      $95$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

$\frac{dB}{dt} = \omega J$      $\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB}{dt} = n \cdot \frac{dB}{dt} = \omega n S$      $\frac{400}{25} = 16$

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!

$$\frac{dB}{dt} = \alpha; \alpha > 0;$$

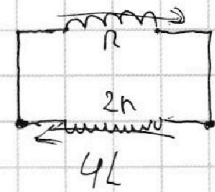
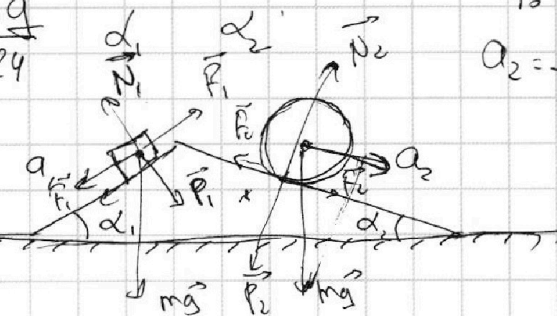
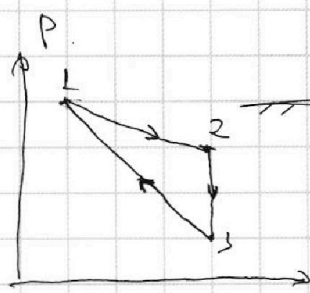
$$\frac{A_1}{Q_{max}}$$

$$a_1 = \frac{5g}{13}; a_2 = \frac{5g}{24}$$

$$pV \frac{c-c_0}{c-c_0} = \frac{p}{p_0} V_0$$

$$\epsilon_i = -n \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

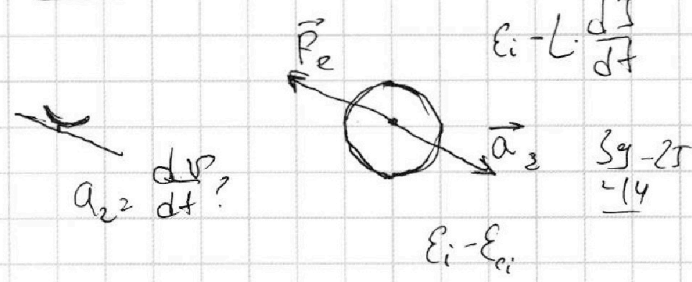
$$1-2-3-1. \epsilon_{i1} = L_1 \frac{dI_1}{dt}; \epsilon_{i2} = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$



min  $\vec{P}_2$  при  $u-\bar{u}$  скользят?

(PV)

моментов!



$$pV^{\frac{c}{c_0}} = const$$

$$dU = \sum V_i \frac{const P_i \cdot P_i}{V_i^{\frac{c}{c_0}} \vec{P}_2 \cdot \vec{F}_2}$$

$$mg + N_2 + P_{F_2}$$

$$N_2 \rightarrow 0; m \vec{g} \rightarrow$$

как np no now  $\vec{P}_2$

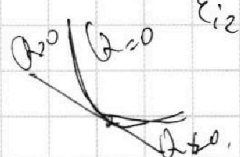
$$\epsilon_{i1} = n \cdot \frac{dB_1}{dt}$$

$$\epsilon_{i2} = n \cdot \frac{dB_2}{dt}$$

$$U_1 = L_1 \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

$$n \cdot \frac{dB}{dt} = \int L_i \cdot \frac{dI_i}{dt}$$

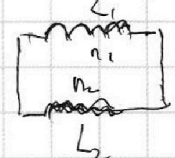
$$nS \cdot \frac{dB}{dt} = L_2 \cdot \frac{dI_2}{dt}$$



$$sp_0 V^{\frac{c}{c_0}} - \frac{p_0}{v_0} V^{\frac{c}{c_0}} = m \cdot v$$

$$\left( sp_0 - \frac{p_0}{v_0} V \right) \cdot V^{\frac{c}{c_0}} = m_1$$

$$sp_0 V^{\frac{c}{c_0}} - \frac{p_0}{v_0} V^{\frac{c}{c_0}} = m_1$$







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  
\_\_ 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!

$$\varepsilon\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kq}{r + \varepsilon\left(\frac{R}{4} - r\right)} = \frac{kq}{r + \varepsilon\left(\frac{3}{4}r - r\right)} = \frac{kq}{r + \frac{\varepsilon r}{2}} = \frac{2kq}{2r + \varepsilon r} \dots$$

$$A_{23} = 0 \quad \delta U_{23} = \frac{3}{2} V_0 \Delta p = \frac{3}{2} (p_0 - p_2)$$

касание изотерма

$$\left\{ \begin{array}{l} p = \frac{k}{V} \\ p = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V \end{array} \right.$$

$$1) p_2 = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$2) p_2 = 6p_0 - \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$p_2 = \frac{k}{V_1}$$

$$p_2 = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V_1 \quad \text{1) 2)}$$

$$\frac{k}{V_1} = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$k = 6p_0 V_1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \cdot V_1^2$$

$$k V_0 = 6p_0 V_0 \cdot V_1 - \frac{1}{2} \cdot p_0 V_1^2$$

$$\Delta = 144 p_0^2 V_0^2 - 8 k p_0 V_0$$

$$144 p_0 V_0 = 8 k$$

$$p_0 V_0 = \frac{k}{18}$$

$$k = 18 p_0 V_0$$

$$6p_0$$

$$p_2 = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$p_2 = 6p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$p_2 = 6p_0$$

$$p_2 = 6p_0 - \frac{p_0}{V_0} V_1$$

$$p_2 = 6p_0 - p_0 \cdot 4 = 4p_0$$

$$p V^{\frac{5}{3}} = \text{const!}$$

$$p V^{\frac{c-\gamma}{c-\gamma}} = \text{const}$$

$$\eta = \frac{A_2}{A_3}$$

$$\text{6) } p_2 = \frac{18 p_0 V_0}{6 V_0} = 3 p_0$$

$$4 p_0 \cdot 4 V_0 = \text{DRP}_1$$

$$6 p_0 \cdot 3 V_0 = \text{DRP}_2$$

$$p_0 V^{\frac{5}{3}} = 12 p_0 V_0 \cdot V + 36 p_0 V_0^{\frac{5}{3}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{9}{8}$$

$$18 p_0 V_0^{\frac{5}{3}} = 6 p_0 V_0 \cdot V - \frac{1}{2} p_0 V^{\frac{5}{3}}$$

$$p_0 V^{\frac{5}{3}} = 12 p_0 V_0 V + 36 p_0 V_0^{\frac{5}{3}}$$

$$V^{\frac{5}{3}} - 12 V_0 V + 36 V_0^{\frac{5}{3}} = 0$$

$$(V - 6 V_0)^{\frac{5}{3}} = 0$$

$$V = 6 V_0$$



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  
\_\_ 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!

$$nS_1 b_1 - L\sigma = 2nS_2 b_2 - 4L\sigma$$

$$3L\sigma = 2nS_2 b_2 - nS_1 b_1$$

$$3L\sigma = 2nS \cdot \frac{4b_0}{3} - nS \cdot \frac{b_0}{2}$$

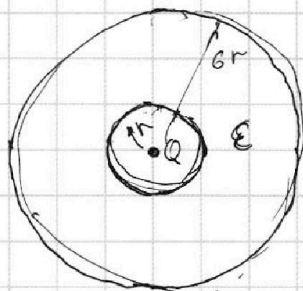
$$\frac{kq}{r + \epsilon(x-r)} = \frac{8nSb_0}{3} - \frac{nSb_0}{2} = \frac{16nSb_0}{6} - \frac{3nSb_0}{6} = \frac{13nSb_0}{6}$$

$\epsilon = ?!$

$$\frac{kq}{r} = \varphi_0$$

$$\frac{kq}{\epsilon(x-r)} = \frac{kq}{r} \cdot \frac{r}{\epsilon(x-r)}$$

$E_2 = rQ$



$$r, R, Q, \epsilon$$

$$r, \epsilon r, Q, \epsilon$$

Сумма  $\epsilon$ !

$$E_2 = \frac{kq}{r}$$

$\varphi_0$

$$\frac{kq}{r}$$

$5r$

$5r$  Q

$$CU = Q$$

$$E = 2E$$

$E_{\text{внутри}}$

$\sum b_k$  и  $b_{\text{вн}}$  которых =

$$Q = CU$$

$\sum 3\sigma$

$$Q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} U$$

$$E_2 = \frac{kq}{r}$$

$$E_2 = \frac{kq}{r}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon \cdot R} = \frac{4kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{4kQ}{\epsilon R}$$

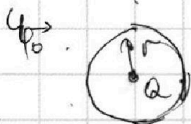
$$\frac{4kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{kQ}{r}$$

$\frac{R}{3} \rightarrow 4$

$$\frac{kQ}{2\epsilon R}$$

$$\varphi_2 = \frac{kq}{r + \epsilon(x-r)} = 4\varphi_0$$



$$\frac{kq}{r} = 4\varphi_0; \quad \frac{kq}{r + \epsilon r} = 3\varphi_0$$

$$kq = 4\varphi_0(r + \epsilon r); \quad \frac{3kQ}{4R\varphi_0} = \frac{kQ}{2R\varphi_0}$$

$$kq = 4\varphi_0 r(\epsilon + 1); \quad kq = 5\varphi_0 r(3\epsilon + 1)$$

$$\begin{cases} \frac{3\epsilon + 1}{\epsilon + 1} = \frac{4}{5} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{3kQ}{\epsilon R} = 4\varphi_0 \\ \frac{2kQ}{2\epsilon R} = 3\varphi_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \epsilon = \frac{3kQ}{4R\varphi_0} \\ \epsilon = \frac{kQ}{2R\varphi_0} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 9\epsilon + 3 = 4\epsilon + 4 \\ 5\epsilon = 1; \epsilon = 0.5 \end{cases}$$