



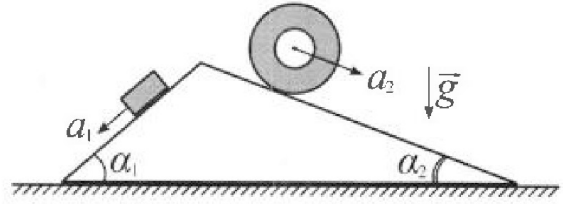
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

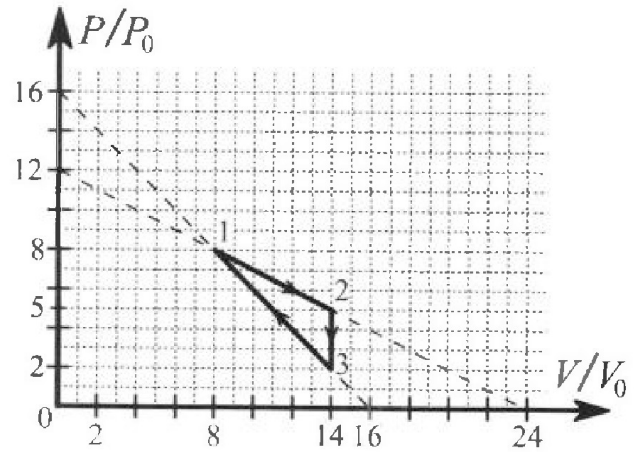


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

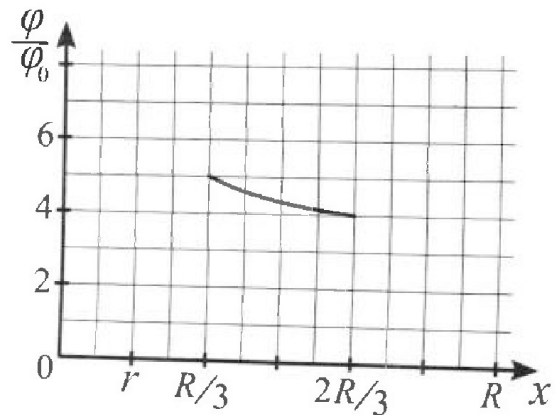
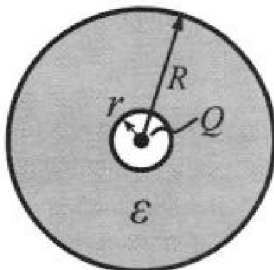
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





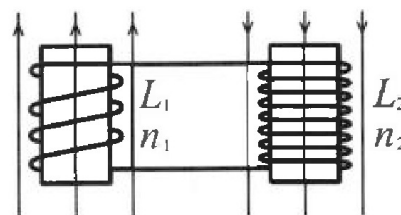
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

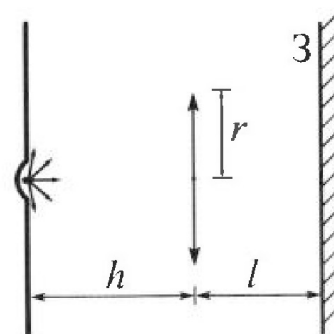


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ 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 $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



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

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

Ответ: $F_1 = \frac{9}{65} mg$; $F_2 = \frac{7}{26} mg$; $F_3 = \frac{6}{65} mg$

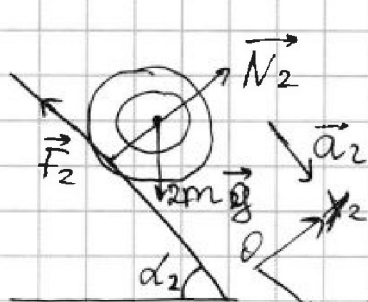


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



~~Плат как клин~~

Находимся в ИСО земли $\rightarrow$

можно использовать второй закон

Ньютона:

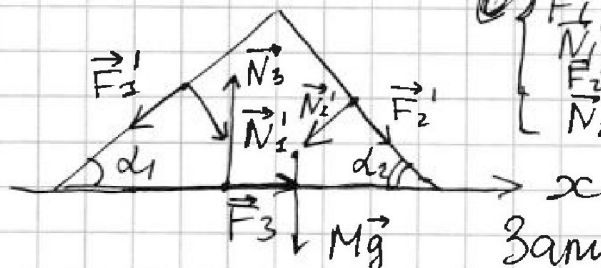
$$2m\vec{a}_2 = \vec{F}_2 + 2m\vec{g} + \vec{N}_2$$

Введём систему координат как показано на рисунке

$$\begin{cases} OX_2: 2ma_2 = 2mg\sin d_2 - F_2 \\ OY_2: 0 = N_2 - 2mg\cos d_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_2 = 2mg\sin d_2 - 2ma_2 \\ N_2 = 2mg\cos d_2 \end{cases}$$

$$F_2 = \frac{10}{13}mg - \frac{mg}{2} = \frac{7}{26}mg$$

Рассмотрим силы, действующие на клин.



$$\begin{cases} \vec{F}_1' = -\vec{F}_1 \\ \vec{N}_1' = -\vec{N}_1 \\ \vec{F}_2' = -\vec{F}_2 \\ \vec{N}_2' = -\vec{N}_2 \end{cases} \text{ (по 3 закону Ньютона)}$$

Запишем условие равновесия для клина в проекции на ось X.

$$OX: -F_1 \cos d_1 + N_1 \sin d_1 - N_2 \sin d_2 + F_2 \cos d_2 + F_{3x} = 0$$

$$- \frac{9}{65} \cdot \frac{4}{5} mg + mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - 2mg \cdot \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} + \frac{7}{26} \cdot \frac{12}{13} mg$$

$$+ F_{3x} = 0; \left(\frac{3 \cdot 4 \cdot 13 - 9 \cdot 4}{65 \cdot 5} + \frac{7 \cdot 6 - 10 \cdot 12}{13 \cdot 13} \right) mg + F_{3x} = 0$$

$$\left(\frac{24}{65} - \frac{6}{13} \right) mg + F_{3x} = 0; \quad F_{3x} = \frac{6}{65} mg$$

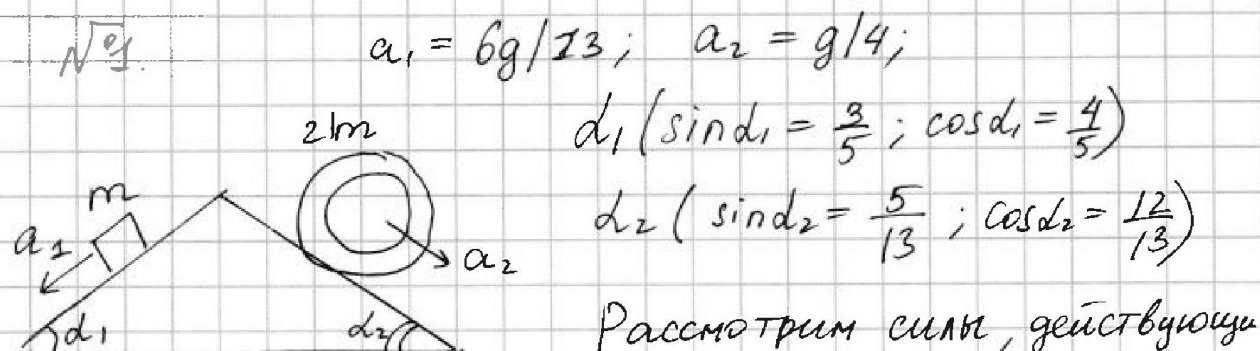


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

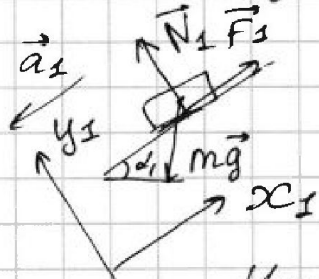
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



е на брусок со стороны ~~ка~~



Введём оси координат Ox, y , так, как показано на рисунке..

Мы находимся в ИСО земли, поэтому можно использовать 2 закона Ньютона.

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_1, \text{ где } m\vec{g} - \text{это сила тяжести}$$

Спроецируем на оси Ox_1, Oy_1

$\vec{N}_1$ - это сила реакции опоры, действующая на брусок со стороны клина.
 $\vec{F}_1$ - это сила трения между бруском и клином.

$$\begin{cases} Ox_1: -ma_1 = F_1 - mg \sin d_1 \\ Oy_1: 0 = N_1 - mg \cos d_1 \end{cases}$$

$$1) F_1 = \left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13} \right) mg = \left(\frac{9}{65} \right) mg$$

$$\begin{cases} F_1 = mg \sin d_1 - ma_1 \\ N_1 = mg \cos d_1 \end{cases}$$

Теперь рассмотрим силы, действующие на цилиндр.



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
5 из 5

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!

$$\gamma = \frac{9\rho_0 V_0}{80\rho_0 V_0} = \frac{9}{80}$$

Ответ: 1) 1 2) $\frac{18}{7}$ 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
4 из 5

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!

$$pV^{5/3} = \text{const}; \quad p = \frac{\text{const}}{V^{5/3}}$$

$$p'(V) = -\frac{5}{3} \frac{\text{const}}{V^{8/3}}; \quad \text{в точке D}$$

$$p'(V) = -\frac{p_m}{V_m}; \quad \frac{5}{3} \frac{p_D V_D^{5/3}}{V^{8/3}} = \frac{p_m}{V_m}$$

$$\frac{p_D}{V_D} = \frac{3}{5} \frac{p_m}{V_m}; \quad p_D = \frac{3}{5} \frac{p_m}{V_m} \cdot V_D;$$

подставим в уравнение прямой:

$$\frac{3}{5} \frac{p_m}{V_m} V_D = p_m - \frac{p_m}{V_m} V_D;$$

$$V_D \cdot \left(\frac{3}{5} + 1\right) = V_m, \rightarrow \begin{cases} V_D = \frac{5}{8} V_m \\ p_D = \frac{3}{8} p_m \end{cases}$$

Отметим на графике критические точки:

Заметим, что на процессе 1-2;
точка D лежит вне отрезка 1-2;

а значит в течении всего процесса 1-2

$Q > 0$; точка K(10;6);

$$\begin{aligned} 3-K: Q > 0 \\ K-1: Q < 0; \quad \gamma = \frac{A_{\text{газа}}}{Q_{12} + Q_{3K}}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} &= \frac{13}{2} \cdot 6 p_0 V_0 + 9 p_0 V_0 = \\ &= 48 p_0 V_0 \end{aligned}$$

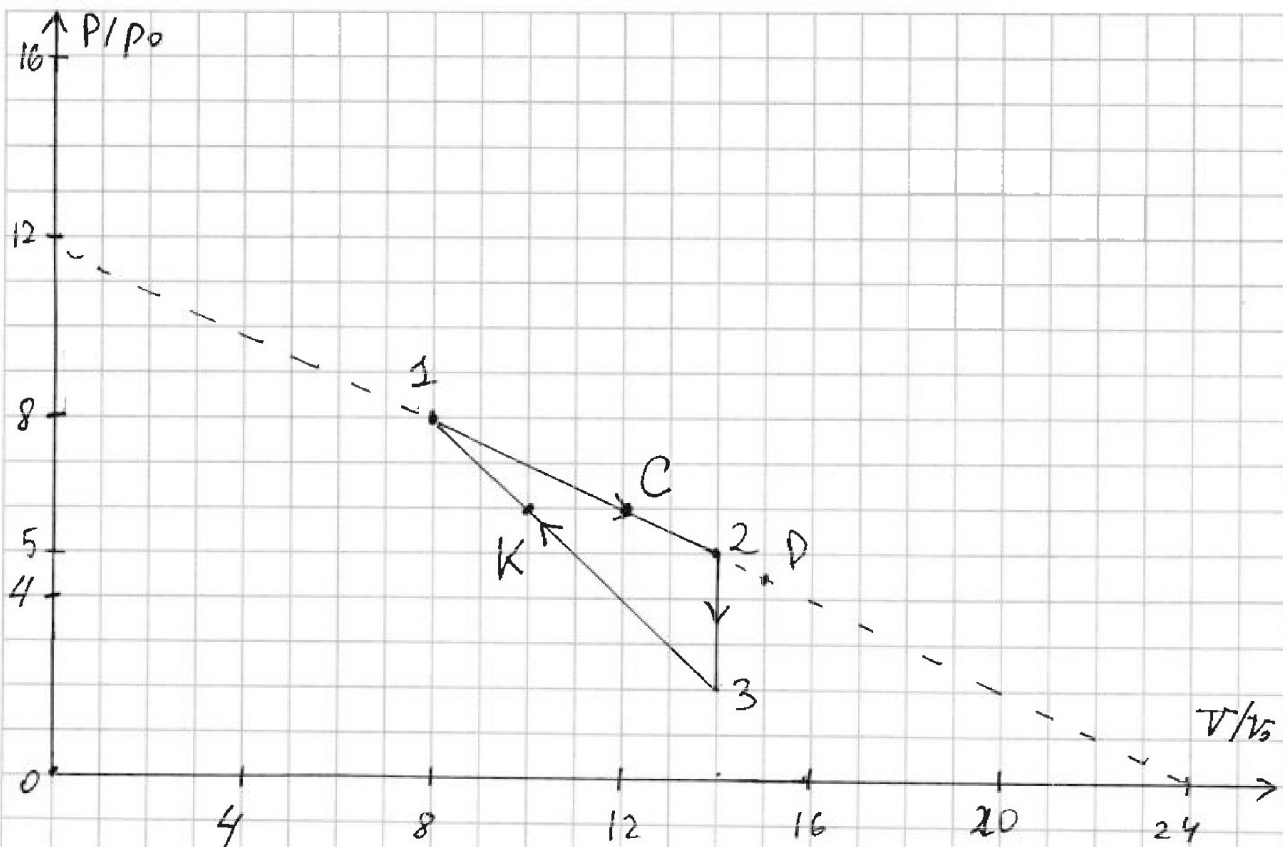
$$\begin{aligned} Q_{3K} = A_{3K} + \Delta U_{3K} &= -16 p_0 V_0 + \frac{3}{2} (0 - 28) p_0 V_0 \\ &= 32 p_0 V_0 \end{aligned}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 5

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) $A_{\text{газа}}$ - можно найти как площадь под графиком PV , заметим что в нашем случае газ совершил положительную работу за цикл.

$$A_{\text{газа}} = S_{\Delta 123} = \frac{3 \cdot 6}{2} p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

$$U = \frac{i}{2} \nu R T$$

$$i = 3; \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

Пользуясь законом Клапейрона Менделеева так как газ идеальный: $pV = \nu R T$;

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (70 - 64) p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

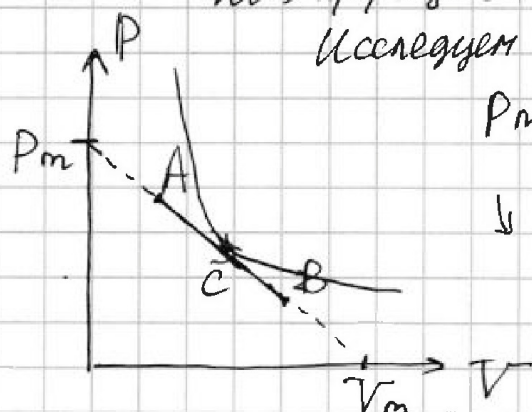
СТРАНИЦА
2 из 5

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) $\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{газа}} = 1;$

- Исследуем процесс, который описывается линейной зависимостью p от V с отрицательным коэффициентом.

Исследуем процесс А-В



p_m, V_m - точки касания
прямой графика. Оси координат.

$$p(V) = p_m - p_m \frac{V}{V_m}$$

Температура будет возрастать до точки касания прямой АВ с изотермой а потом будет убывать. Точка максимума будет в точке касания изотермы и прямой А-В;

А-С: $T \uparrow$; С-В: $T \downarrow$; найдём такую точку С;

Уравнение изотермы &

$$pV = \nu RT, T = \text{const}; \quad p = \frac{\nu RT}{V};$$

$$p'(V) = -\frac{\nu RT}{V^2}; \quad p'(V_c) = -\frac{\nu RT}{V_c^2}$$

Так как изотерма касается прямой, то

$$p'(V_c) = -\frac{\nu RT}{V_c^2} = -\frac{p_m}{V_m}; \quad \frac{p_c}{V_c} = \frac{p_m}{V_m}$$

$$p_c = \frac{p_m}{V_m} V_c; \quad \text{подставим это в уравнение прямой}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 5

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!

$$p_c = p_m - \frac{p_m}{V_m} V_c; \quad \frac{p_m}{V_m} V_c = p_m - \frac{p_m}{V_m} V_c$$

$$\rightarrow V_c = \frac{V_m}{2}; \quad p_c = \frac{p_m}{2};$$

А теперь рассмотрим процесс 1-2 и найдём момент с мин температурой.

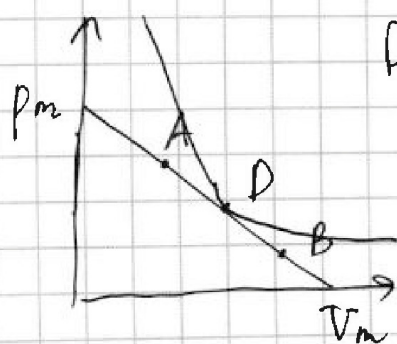
По написанному выше, это будет точка с координатами: $C(6;12)$

$$\begin{aligned} \nu R T_c &= 72 p_0 V_0 \rightarrow \frac{T_c}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7} \\ \nu R T_3 &= 28 p_0 V_0 \end{aligned}$$

3) Найти КПД цикла.

$$\eta = \frac{A_{\text{заг}}}{Q^+}; \quad \text{Заметим, что в процессе}$$

1-2 теплота будет ~~то~~ меняться сложным образом, опять же исследуем это:



D - точка касания прямой с адиабатой ($Q=0$)

A-D: $Q > 0$;

D-B: $Q < 0$;

$$p(V) = p_m - \frac{p_m}{V_m} V;$$

Уравнение адиабаты: $pV^\gamma = \text{const},$

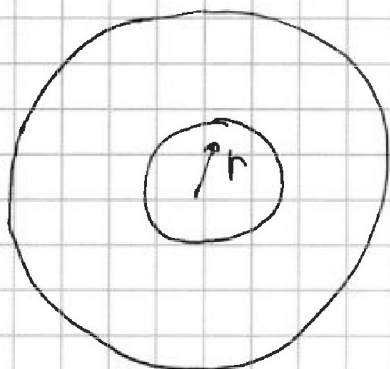
$$\text{где } \gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3};$$



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!



Внутри полый области
где $x < r$, заряд Q
будет создавать электростатическое поле E , меняющееся по закону $E = \frac{kQ}{x^2}$

А внутри диэлектрика $E = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$.

и аналогично с потенциалом.

$$\begin{cases} \varphi = \frac{kQ}{x}; & x < r \end{cases}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x} - \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$x \geq r$ и $x \leq R$

1) при $x = \frac{5}{6} R$; ~~$\varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x}$~~

$$\varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{6}{5} \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R}$$

2) Найдём численное значение ϵ ;

$$\varphi(R/3) = 5\varphi_0$$

$$r = R/6;$$

$$\varphi(2R/3) = 4\varphi_0$$

$$5\varphi_0 = \frac{6kQ}{R} - \frac{3kQ}{\epsilon R}$$

$$4\varphi_0 = \frac{6kQ}{R} - \frac{kQ}{2\epsilon R}$$

$$\begin{cases} 5\varphi_0 = \frac{6kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} \\ 4\varphi_0 = \frac{6kQ}{R} + \frac{3kQ}{2\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} \end{cases}$$



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!

$$\frac{5}{4} = \frac{6 - 3/\varepsilon}{6 - 4,5/\varepsilon}; \quad 30 - \frac{22,5}{\varepsilon} = 24 - \frac{12}{\varepsilon}$$

$$6 = \frac{10,5}{\varepsilon}; \quad (\varepsilon = 1,75)$$

Ответ: $\varepsilon = 1,75$

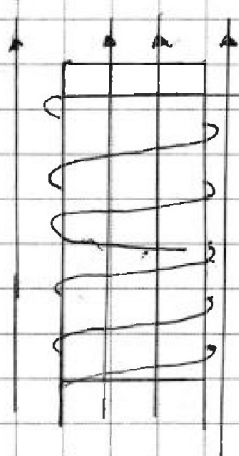


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

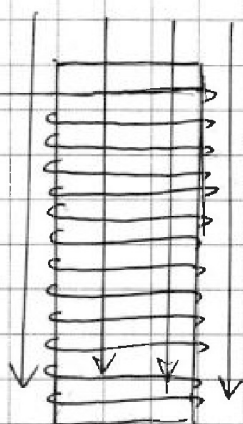
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



L_1
 n_1



L_2
 n_2

$$L_1 = L \quad L_2 = 16L$$

$$n_1 = n \quad n_2 = 4n$$

С какой скоростью
начнётся менять ток
в катушках

при увеличении магнитной индукции
в первой катушке $dB/dt = d(\downarrow > 0)$?

Закон электромагнитной индукции:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_{in} = -L \cdot \frac{dI}{dt}; & \text{то есть в кат} \\ \frac{d\varphi}{dt} = \mathcal{E}; & \text{в первой катушке возникнет Э индукции} \end{cases}$$

$$\mathcal{E}_{in} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dB \cdot n_1 \cdot S}{dt} = d n_1 S;$$

эта $\mathcal{E}_{in}$ вызовет ток, но из-за
свойства инерции в катушках, в них
возникнет Э самоиндукции, и уравновесит

$$\mathcal{E}_{\text{самоиндукции } 1} = L_1 \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{\text{самоиндукции } 2} = L_2 \cdot \frac{dI}{dt}$$

второе
правило
Ларенца

$$\mathcal{E}_{in} = \mathcal{E}_{\text{самоиндукции } 1} + \mathcal{E}_{\text{самоиндукции } 2}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

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

$$\mathcal{E}_{NS} = L \cdot \frac{dI}{dt} + 16L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$\left(\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17} \cdot \frac{\mathcal{E}_{NS}}{L} \right) \quad \frac{dI}{dt} = \text{const}, \text{ а значит ток будет меняться равномерно со скоростью } \frac{\mathcal{E}_{NS}}{17L};$$

2) за некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L , уменьшится от B_0 до $B_0/3$, а во второй от $3B_0/4$ до $B_0/4$.

$$\frac{dB_1}{dt} \cdot n \cdot S = \mathcal{E}_{in1};$$

$$\frac{dB_2}{dt} \cdot 4n \cdot S = \mathcal{E}_{in2};$$

$$\mathcal{E}_{in1} + \mathcal{E}_{in2} = \mathcal{E}_{\text{самоиндукции}} + \mathcal{E}_{\text{самоиндукции}}$$

Правило Кирхгофа для контура.

$$\frac{dB_1}{dt} nS + \frac{dB_2}{dt} 4nS = L \frac{dI}{dt} + 16L \frac{dI}{dt}$$

$$n \cdot dB_1 \cdot S + dB_2 \cdot 4n \cdot S = 17L dI \quad / \text{про-суммируем маленькие изменения.}$$

$$\Delta B_1 \cdot n \cdot S + \Delta B_2 \cdot 4n \cdot S = 17L \cdot \Delta I$$

$$\frac{2}{3} B_0 nS + \frac{3}{4} B_0 \cdot 4n \cdot S = 17L \Delta I$$

$$\Delta I = I - 0; \quad \left(I = \frac{11}{51} \frac{B_0 nS}{L} \right);$$

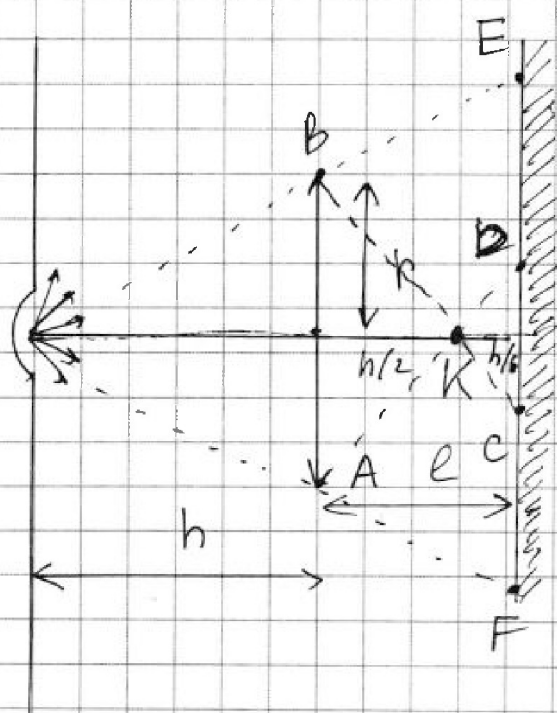


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

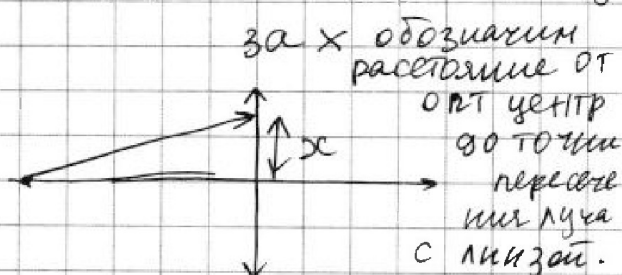
СТРАНИЦА
1 из 4

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!



$$F = h/3; \quad l = \frac{2h}{3};$$
$$r = 5 \text{ см.}$$

Рассмотрим произвольный луч, идущий от лампы, который попадает на линзу.



Чтобы понять куда пойдёт этот луч, надо пустить фронтальный луч, параллельный главной, и тогда по свойствам тонкой собирающей линзы лучи соберутся в фокальной плоскости с помощью формулы тонкой линзы можно найти изображение лампы.

Пусть f - это расстояние от линзы до изображения, d - расстояние от предмета до линзы, тогда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F};$$
$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h}; \quad \rightarrow \quad f = \frac{h}{2};$$

$f < l$; Обозначим изображение лампы 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 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!

Что же мы увидим в зеркале?

Мы увидим кольцо из тени.

на картинке, точки лежащие на окружности с диаметром ED будут освещены

а области $E-D$ и $C-F$ не будут освещены.

из подобия найдем высоту точки E ;

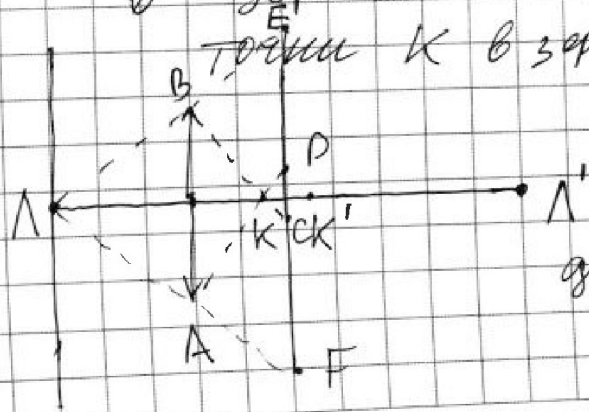
$$h_E = \frac{5}{3}r; \text{ аналогично из подобия:}$$

$$h_D = \frac{r}{3}; \rightarrow \text{найдем площадь неосвещенной части зеркала } S = \pi \left(\frac{5}{3}r\right)^2 - \pi \left(\frac{r}{3}\right)^2 =$$

$$= \frac{8\pi r^2}{3} = \frac{200\pi \text{ см}^2}{3}$$

2) Найдем площадь неосвещенной части зеркала.

для этого найдем изображение лампы L в зеркале и изображение изображения точки K в зеркале.



После отражения через зеркало у нас появятся два реальных источника света.



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
☐

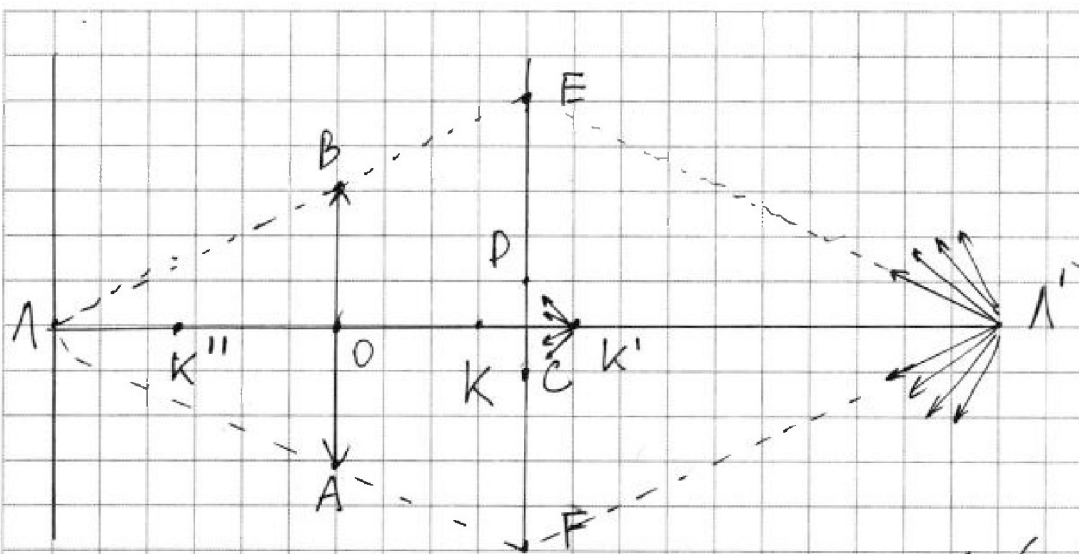
5
☒

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!



Зона действия этих источников (L', K') показана на чертеже. Найдём пересечение прямой $L'E$ со стенкой, Пусть это будет точка

$$L \quad h_L = 2h_E \text{ (из подобия)} \rightarrow h_L = \frac{10}{3} \text{ м};$$

то, что выше точки L тоже будет освещено.

Теперь рассмотрим источник K' ;

найдем пересечение $K'D$ со стенкой, точка

$$P; \quad h_P = \frac{15}{3} \text{ м (из подобия)}$$

найдем точку пересечения $K'B$ со стенкой

$$\text{точка } M; \quad h_M = \frac{15}{5} \text{ м};$$

Область от точки M до точки P будет освещена; Дальше рассмотрим лучи из K' , проходящие через линию



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!

Найдём изображение точки K' в линзе.

$OK' = \frac{5}{6}h = d$; f - расстояние от линзы до изображения; тогда: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$;

$$\frac{6}{5h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h} \quad f = \frac{5}{9}h$$

$OK'' = \frac{5}{9}h$; K'' - изображение точки K' в линзе.

Найдём пересечение $K''A$ со стенкой

Пусть это точка Q ;

т.е. $OK'' = \frac{5}{9}h$; $AK'' = \frac{4}{9}h$; $\rightarrow$

$$h_Q \text{ (из подобия)} = \frac{4}{5}h$$

на стене тоже будет кольцо тени.

неосвещённая область будет $Q-M$;

Площадь неосвещённой области на

стене: $S = \pi \cdot h_M^2 - \pi \cdot h_Q^2 =$

$$= \pi \cdot \left(\frac{11}{5}r\right)^2 - \pi \cdot \left(\frac{4}{5}r\right)^2 = 105\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $\frac{200}{3}\pi$, 2) 105π