



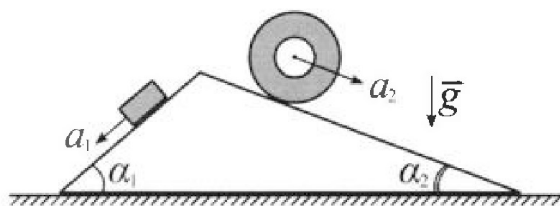
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 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.

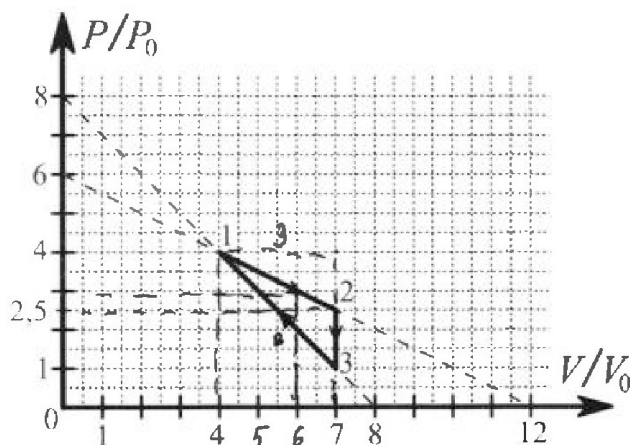


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

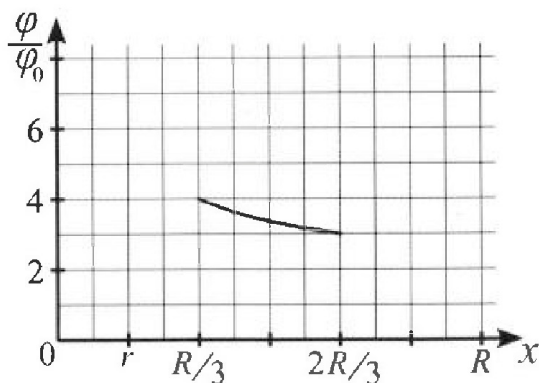
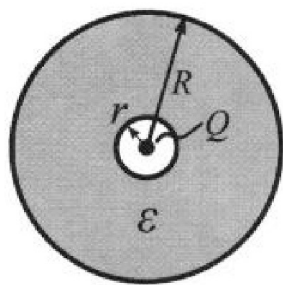
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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



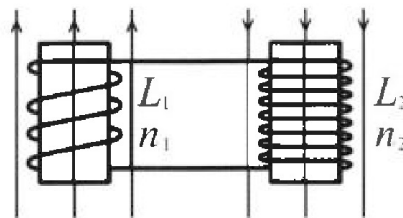
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

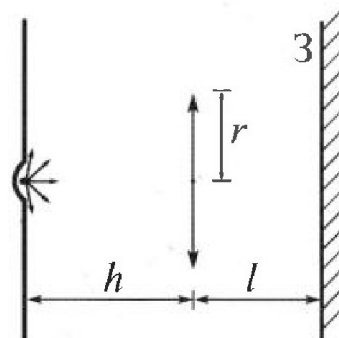


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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



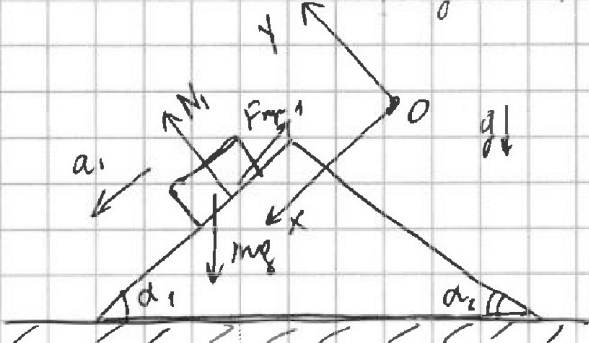
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Задача №1



1) Рассмотрим только блок массой m

По 2 ЗН:

$$x: -F_{тр1} + mg \sin \alpha_1 = ma_1$$

$$y: N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$F_{тр1} = N_1 \mu_1$$

$$F_{тр1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 =$$

$$= mg \cdot \frac{3}{5} - m \frac{5g}{13} = m \left(\frac{3g}{5} - \frac{5g}{13} \right) =$$

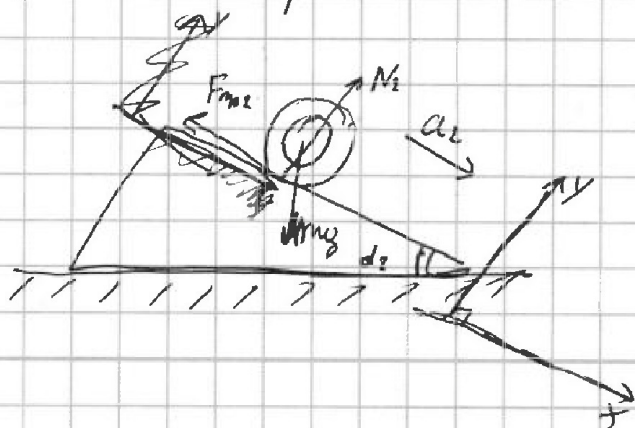
$$= mg \left(\frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) = mg \frac{14}{65}$$

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

$$F_{тр1} = \frac{14}{65} mg$$

$$F_{тр1} = \frac{14}{65} mg$$

2) Рассмотрим только цилиндр массой $4m$



По 2 ЗН:

$$y: N_2 = mg \cos \alpha_2$$

$$x: -F_{тр2} + 4mg \sin \alpha_2 = 4ma_2$$

$$F_{тр2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

$$F_{\text{тр}2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4mg \cdot \frac{5}{24} = 4mg \left(\frac{5}{12} - \frac{5}{24} \right) =$$

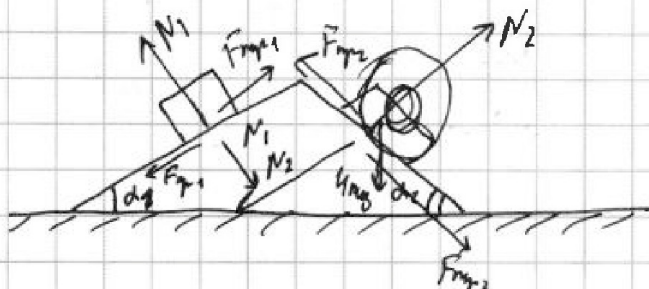
$$= 4mg \left(\frac{120 - 65}{312} \right) = 4mg \cdot \frac{55}{312} = \frac{55}{78} mg$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ - 65 \\ \hline 55 \\ 312 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3120 \\ - 2878 \\ \hline 242 \end{array}$$

$$F_{\text{тр}2} = \frac{55}{78} mg$$

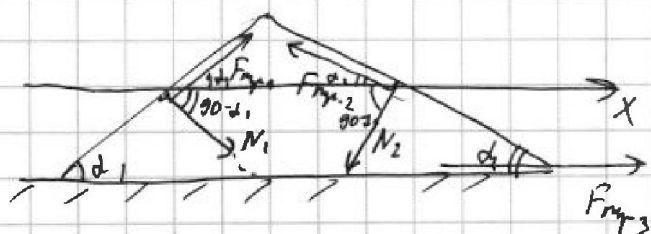
3) Рассмотрим клин



На клин действуют силы реакции и трения от тел на нём.

Сделаем рисунок клина без тел на нём, но с действующими от них силами, чтобы было удобнее

Только на клин действует сила трения от стола



До 2 3M:

$$x: F_{\text{тр}3} - N_2 \cos(90 - \alpha_2) -$$

$$- F_{\text{тр}2} \cos \alpha_2 + F_{\text{тр}1} \cos \alpha_1 +$$

$$+ N_1 \cos(90 - \alpha_1) = 0$$



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!

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = mg \cos \alpha_2$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \cdot 12 \\ \hline 156 \\ \cdot 13 \\ \hline 660 \end{array}$$

$$F_{\text{пр}3} = mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + F_{\text{пр}2} \cos \alpha_2 - F_{\text{пр}1} \cos \alpha_1 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1$$

$$F_{\text{пр}3} = mg \cdot \frac{60}{169} + \frac{55}{78} mg \cdot \frac{12}{13} - \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{12}{25} =$$

$$= mg \left(\frac{60}{169} + \frac{55}{78} \cdot \frac{12}{13} - \frac{14 \cdot 4}{65 \cdot 5} - \frac{12}{25} \right) = mg \left(\frac{60}{169} + \frac{55 \cdot 12}{78 \cdot 13} - \frac{56}{13 \cdot 5^2} - \frac{156}{13 \cdot 5^2} \right) =$$

$$= mg \left(\frac{60}{13^2} + \frac{660}{13^2 \cdot 6} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) = mg \left(\frac{360 + 660}{13^2 \cdot 6} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) = mg \left(\frac{170}{13^2} - \frac{212}{13 \cdot 5^2} \right) =$$

$$= mg \left(\frac{170 \cdot 25}{13^2 \cdot 5^2} - \frac{212 \cdot 13}{13^2 \cdot 5^2} \right) = \left(\frac{4250 - 2786}{13^2 \cdot 5^2} \right) mg = \left(\frac{1464}{13^2 \cdot 5^2} \right) mg = \frac{1464}{4225} mg$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \cdot 170 \\ \cdot 25 \\ \hline 185 \\ \cdot 34 \\ \hline 4250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -212 \\ \cdot 13 \\ \hline 636 \\ \cdot 12 \\ \hline 2786 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 610 \\ \cdot 13 \\ \hline 4250 \\ -2786 \\ \hline 1464 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1464 \cdot 13 \\ \hline 13 \\ \hline 13 \\ \hline 34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1464 \\ \cdot 169 \\ \hline 185 \\ \cdot 25 \\ \hline 3660 \\ \cdot 34 \\ \hline 4225 \end{array}$$

$$F_{\text{пр}3} = \frac{1464}{4225} mg$$

Ответ: 1) $F_{\text{пр}1} = \frac{14}{65} mg$

2) $F_{\text{пр}2} = \frac{55}{78} mg$

3) $F_{\text{пр}3} = \frac{1464}{4225} mg$



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 1

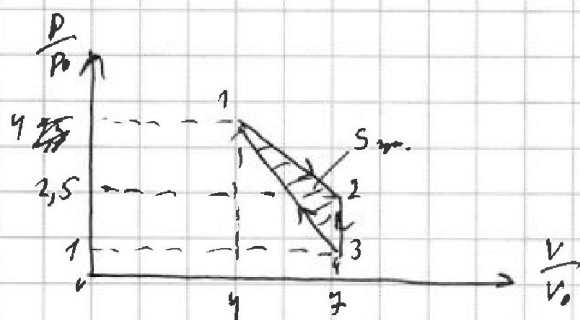
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №2

Кон-во молекул газа в каждый момент времени остаётся постоянным $\rightarrow$ справедлива формула Клапейрона - Менделеева

$$pV = \nu RT$$

1) Работа газа за цикл это площадь внутри графика $S_{\text{ци}}$



$$A_{\Sigma} = +S_{\text{ци}} = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{2} \frac{p_0}{p_0} \right) \left(3 \frac{V_0}{V_0} \right) =$$

$$= \frac{9}{4} \frac{pV}{p_0 V_0} = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

Рассчитаем приращение внутренней энергии газа в процессе 2-3:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{3}{2} (7 V_0 p_0 - 7 p_0 V_0 \cdot 2.5) =$$

$$= -\frac{3}{2} (7 p_0 V_0 \cdot \frac{3}{2}) = -\frac{9}{4} \cdot 7 p_0 V_0 = -$$

$$\frac{|\Delta U|}{A_{\Sigma}} = \frac{\frac{9}{4} \cdot 7 p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7$$

$$\boxed{\frac{|\Delta U|}{A_{\Sigma}} = 7}$$

2) Процесс 1-2 - прямая с отрицательным наклоном: задаётся функцией $V = V_0 k \varepsilon + b$



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!

Выведем найдем эту зависимость

$$\begin{aligned} 4V_0 &= kV_0 + b \\ 2,5V_0 &= kV_0 + b \end{aligned} \quad \begin{aligned} 1,5V_0 &= -2p \end{aligned}$$

$$V = kp + b$$

$$4V_0 = k4p_0 + b$$

$$2,5V_0 = kp_0 + b$$

$$1,5V_0 = -3kp_0$$

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

$$4V_0 = -\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} \cdot 4p_0 + b$$

$$4V_0 = -2V_0 + b$$

$$b = 6V_0$$

$$V = -\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p + 6V_0$$

для любой точки этой прямой

$$pV = \text{const}$$

$$-\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6V_0 p = \text{const}$$

найдем максимум этой функции

$$\left(-\frac{1}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6V_0 p\right)' = \text{const}'$$

$$-\frac{V_0}{p_0} p + 6V_0 = 0$$

$$6V_0 = \frac{V_0}{p_0} p$$

$$\frac{p}{p_0} = 6$$

$p = 6p_0$ - значит при таком давлении в этом процессе максимальная температура

$$pV = \nu RT$$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$



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!

$$4V_0 = k \cdot 4p_0 + b$$

$$7V_0 = k \cdot 2,5p_0 + b$$

$$-3V_0 = k \cdot 1,5p_0$$

$$k = -2 \frac{V_0}{p_0}$$

$$4V_0 = -2 \frac{V_0}{p_0} 4p_0 + b$$

$$4V_0 = -8V_0 + b \quad b = 12V_0$$

$$pV = \text{const}$$

$$V_2 = -2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0$$

$$p \left(-2 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 \right) = -2 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12V_0 p$$

$$\left(-2 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12V_0 p \right)' = \text{const} = 0$$

$$-4 \frac{V_0}{p_0} p + 12V_0 = 0$$

$$4 \frac{V_0}{p_0} p = 12V_0$$

$$\frac{V_0}{p_0} p = 3V_0$$

$$\frac{p}{p_0} = 3 \quad p = p_0 \cdot 3$$

т.к. $pV = \nu RT$; то при максимальном значении pV будет максимальная температура.

$\Rightarrow T_{12 \text{ max}}$ будет при $p = 3p_0$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$T_{12 \text{ max}} = \frac{18 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$T_1 = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{12 \text{ max}}}{T_1} = \frac{18 p_0 V_0 \nu R}{16 p_0 V_0 \nu R} = \frac{9}{8}$$



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!

$$3) \eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H}$$

газ нагревания в процессе 1-2 до $T_{1-2 \max}$ и

в процессе 3-1 до $T_{3-1 \max}$

Найдём зависимость 2 прямой (процесс 3-1)

$$V = k p + b$$

$$4V_0 = 4k p_0 + b$$

$$7V_0 = k p_0 + b$$

$$-3/2 = 3k p_0$$

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

$$4V_0 = -4\frac{V_0}{p_0} p_0 + b$$

$$b = 8V_0$$

$$V = -\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0$$

$$pV = p \left(-\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0 \right) = -\frac{V_0}{p_0} p^2 + 8V_0 p$$

$$\left(-\frac{V_0}{p_0} p^2 + 8V_0 p \right)' = 0$$

$$-2\frac{V_0}{p_0} p + 8V_0 = 0$$

$$+2\frac{V_0}{p_0} p = 8V_0$$

$$\frac{p}{p_0} = 4$$

$$p = 4p_0$$

— Значит максимум температуры в процессе 1-3 был достигнут ~~в~~ при давлении $p = 4p_0$



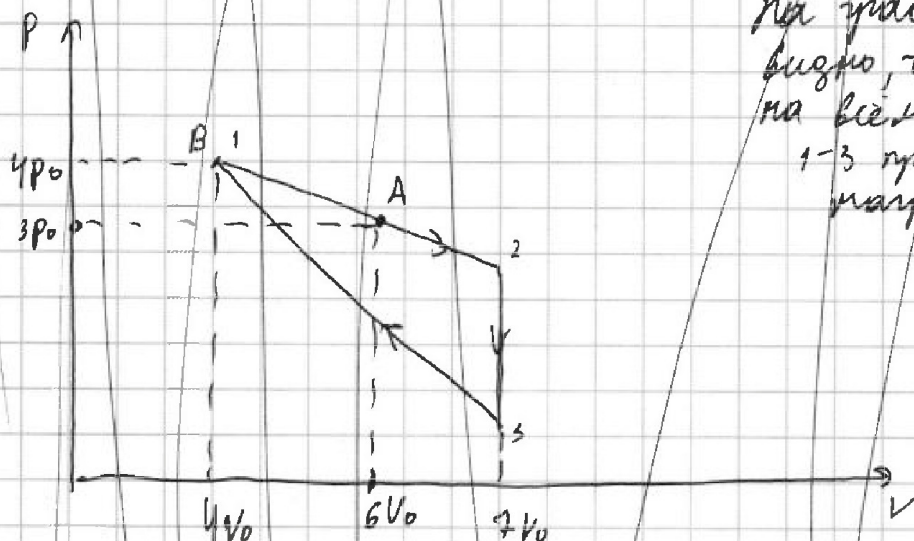
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
5 из 7

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!

по графику найдем Q_H



На графике видно, что на всем процессе 1-3 происходит нагрев

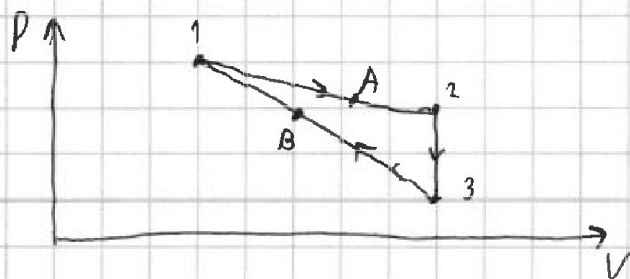
$$Q_H = Q_{1-A} + Q_{31}$$

$$Q_{1-A} = \frac{3}{2} \Delta(pV) + A_{1-A} = \frac{3}{2} (18p_0V_0 - 16p_0V_0) + 2V_0 + \frac{7p_0}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2p_0V_0 + 4p_0V_0 = 10p_0V_0$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \Delta(pV) + A_{31}$$

Выразим кол-во теплоты для процесса 1-А (на графике показан)





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
6 ИЗ 7

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!

$$Q_{1-A} = \frac{3}{2} D(pV) + A_{1-A} = \frac{3}{2} \left(p \left(-2 \frac{p_0}{V_0} p + 12 V_0 \right) + \frac{4 p_0 + p}{2} \cdot (V_A - 4 V_0) \right)$$

$$= -3 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 16 p V_0 + \left(2 p_0 + \frac{p}{2} \right) \left(-2 \frac{V_0}{p_0} p + 12 V_0 \right) = 24 p_0 V_0$$

$$= -3 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 16 p V_0 + -4 V_0 p - \frac{V_0}{p_0} p^2 + 6 p V_0 =$$

$$= -4 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 18 p V_0$$

Найдем максимум функции

$$-8 \frac{V_0}{p_0} p + 18 V_0 = 0$$

$$8 \frac{V_0}{p_0} p = 18 V_0 \quad p = \frac{9}{4} p_0$$

$$Q_{1-A} = -4 \cdot \frac{V_0}{p_0} \cdot \frac{81}{16} p_0^2 + 18 \cdot \frac{9}{4} p_0 V_0 + 24 p_0 V_0 = -\frac{81}{4} p_0 V_0 + 82 p_0 V_0 =$$

$$= 47 p_0 V_0 - 20,25 p_0 V_0 = 26,75 p_0 V_0 \quad Q_{1-A} \text{ достигается в процессе 1-2}$$

$$Q_{1-A} = 20,25 p_0 V_0 + 40,5 p_0 V_0 = 60,75 p_0 V_0$$

Q_{3-B} - достигается в процессе 3-1

$$Q_{3-B} = \frac{3}{2} D(pV) + A_{3-B} = \frac{3}{2} \left(p \left(-\frac{V_0}{p_0} p + 8 V_0 \right) - 7 p_0 V_0 \right) - \frac{p + p_0}{2} \cdot$$

$$\cdot (7 V_0 - V) = -\frac{3}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12 p V_0 - 10,5 p_0 V_0 - \left(\frac{p}{2} + \frac{p_0}{2} \right) \left(2 V_0 + \frac{V_0}{p_0} p - 8 V_0 \right)$$

$$= -\frac{3}{2} \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12 p V_0 - 10,5 p_0 V_0 - \left(\frac{p}{2} + \frac{p_0}{2} \right) \left(2 V_0 + \frac{V_0}{p_0} p - 8 V_0 \right) =$$



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
7 ИЗ 7

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!

$$= -2 \frac{V_0}{p_0} p^2 + 12 p_0 V_0 - 10 p_0 V_0$$

Найдем максимум кол-ва теплоты на этом участке

$$-4 \frac{V_0}{p_0} p + 12 V_0 = 0$$

$$\frac{V_0}{p_0} p = 3 V_0$$

$$p = 3 p_0$$

$$Q_{3-8} = -2 \frac{V_0}{p_0} \cdot 9 p_0^2 + 12 \cdot 3 p_0 V_0 = 36 p_0 V_0 - 18 p_0 V_0 = 18 p_0 V_0$$

$$Q_H = Q_{3-8} + Q_{1-2} = 18 p_0 V_0 + 20,25 p_0 V_0 = 38,25 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H} = \frac{2,25 p_0 V_0}{38,25 p_0 V_0} = \frac{9}{153}$$

Ответы: 1) $\frac{10 H_2}{A_{\Sigma}} = 7$

2) $\frac{T_{1-2 \max}}{T_1} = \frac{9}{8}$

3) $\eta = \frac{9}{153}$



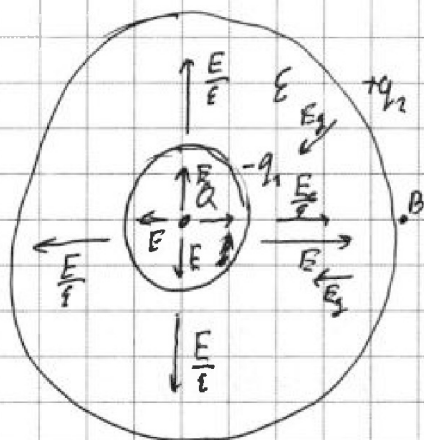
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Задача №3

Начертите линии $\vec{E}$, напряжённости $\vec{E}$ и φ .



Напряжённость внутри шара вычисляется по формуле

$$E_{in} = \frac{E}{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$

Потенциал на краю шара диэлектрика (с внешней стороны внешней стороны) в точке B.

$$\varphi_B = \frac{kQ}{R}$$

1) Вычислим потенциал на расстоянии $x = \frac{R}{4}$ от центра шара

$\varphi = E \cdot d$ т.к. $x = \frac{R}{4}$ находится в шаре диэлектрика, то

$$E = E_{in} = \frac{kQ}{x^2 \epsilon}$$

$$\varphi_x = \frac{kQ}{x^2 \epsilon} \cdot x = \frac{kQ}{x \epsilon} = \frac{4kQ}{R \epsilon}$$

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

Значение при $\frac{R}{4} > r$

при $\frac{R}{4} < r$

$$\varphi_x = \frac{4kQ}{R}$$

2) Найдём то значение E



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!

т.к. все значения находятся в диэлектрике
по всем им применима формула

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon \epsilon_0 R}$$

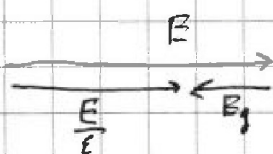
$$\varphi_R = \varphi_0 \left(\frac{3kQ}{R\epsilon} \right)$$

$$\varphi_{1R} = \left(\frac{3kQ}{2R\epsilon} \right) \varphi_0$$

$$\frac{\varphi_R}{\varphi_0} = 4 \rightarrow \frac{3kQ}{R\epsilon} = 4$$

$$\frac{\varphi_{1R}}{\varphi_0} = 3 \rightarrow \frac{3kQ}{2R\epsilon} = 3$$

Для этого нужно найти заряды, которые
образовались на краях диэлектрика



$$E_g = E - \frac{E}{\epsilon} = \frac{E(\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

$$E = k\sigma, \text{ где } \sigma - \text{плотность заряда } \left(\frac{q}{S} \right)$$

$$S = \frac{4}{3}\pi R^2$$

$$Q = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^2} = \frac{3q}{4\pi R^2}$$

$$E_g = \frac{kq}{4\pi R^2} \frac{(\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

$$Q =$$

$$E_g = \frac{E(\epsilon - 1)}{\epsilon} \quad (1)$$

$$E = \frac{kQ}{R^2}$$

$$\varphi_R = \frac{kQ}{R} - \frac{4q_k}{R} + \frac{kq_2}{R}$$

$$\text{По 3.3: } q_1 + q_2 = 0$$

$$q_1 = -q_2 \rightarrow \text{за сферой}$$

они создают равные потенциалы $\Rightarrow$ за сферой
они вкладов не вносят

$$|q_1| = |q_2| = q$$



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!

$$\varphi \text{ в сфере} = \frac{\varphi_{\text{вне сферы}}}{\epsilon}$$

при $x \leq r < x < R$:

$$\varphi_x = \frac{kQ}{R} - \frac{kq}{\epsilon x} + \frac{kq}{R}$$

$$\frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon} \quad \text{из (1)}$$

$$\frac{kq}{x^2} = \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$$

$$\varphi_x = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 x} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$$

при $x = \frac{R}{4}$

$$\varphi_{\frac{R}{4}} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 R} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$$

Ответ: 1) $\varphi_{\frac{R}{4}} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4kQ(\epsilon-1)}{\epsilon^2 R} + \frac{kQ(\epsilon-1)}{\epsilon R}$



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
☐

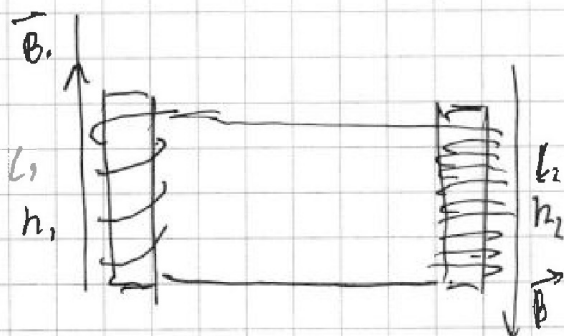
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Задача №4



$$B' = \alpha$$

В магнитном поле возникает магнитное поле B в катушке возникает $\mathcal{E}_i$

$$\mathcal{E}_i = \Phi' n = \Phi = BS$$

$$= B' S n = \alpha S n$$

$$\mathcal{E}_i = \alpha S n = \alpha S n$$

т.к. длина проводов катушек равна длине $2\pi R$, то

$$\mathcal{E}_i = U_{k2}$$

$$U_k = L \gamma'$$

$$U_{k2} = 4L \gamma' =$$

$$\alpha S n = 4L \gamma'$$

$$\gamma' = \frac{\alpha S n}{4L}$$

2) Найдем $\mathcal{E}_i$ в каждой катушке

$$\mathcal{E}_{i1} = \Phi'_1 n_1 = \frac{\partial B_1}{\partial t} S n_1$$

$$\mathcal{E}_{i2} = \Phi'_2 n_2 = \frac{\partial B_2}{\partial t} S n_2$$



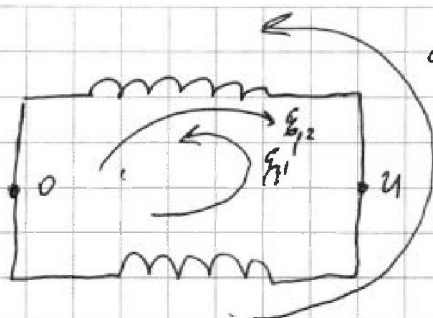
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

2 из 3

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



обход

на катушках всегда
одинаковые магнитные
и ток одина-
ковый ток.

~~$U_{k1} = U_{k2}$~~

~~$U_{k1} = U_{k2}$~~

~~$U_{k1} = U_{k2}$~~

Сумма падений напряжений равна сумме
току E

$$E_{i1} + E_{i2} = \cancel{U_{k1}} + \cancel{U_{k2}} = U_{k1} + U_{k2}$$

при падении возникновении тока обе катушки
и принадлежат его к изменению в то
же время т.к. оба магн. укладывают, но
направлены в разные стороны, то:

$$E_{i1} - E_{i2} = U_{k1} + U_{k2}$$

$$\frac{\partial B_1}{\partial t} S_{n1} - \frac{\partial B_2}{\partial t} S_{n2} = (L' + 4L') \cdot 0.01$$

$$\partial B_1 S_{n1} - \partial B_2 S_{n2} = 5L' \Delta B \quad (*)$$

Дифференцируем (*):

$$\sum \partial B_1 S_{n1} - \sum \partial B_2 S_{n2} = 5L' \Delta B$$

$$S_{n1} \sum \partial B_1 - S_{n2} \sum \partial B_2 = 5L' \Delta B$$

$$S_{n1} \left(\frac{B_0}{2} - B_0 \right) - S_{n2} \left(\frac{2}{3} B_0 - 2B_0 \right) = 5L' \Delta B$$



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
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!

$$-\frac{SnB_0}{2} + 2Sn \cdot \frac{4}{3}B_0 = 5L\gamma$$

$$\frac{8}{3}B_0Sn - \frac{B_0Sn}{2} = 5L\gamma$$

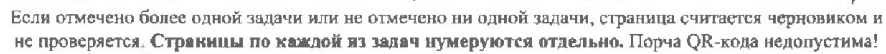
$$\frac{16}{6}B_0Sn - \frac{3B_0Sn}{6} = 5L\gamma$$

$$\frac{13}{6}B_0Sn = 5L\gamma$$

$$\gamma = \frac{13B_0Sn}{30L}$$

Answer: 1) $\gamma' = \frac{2Sn}{4L}$

2) $\gamma = \frac{13B_0Sn}{30L}$





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!

Найдём ход лучей в этой системе

У линзы в отражении такие же характеристики, что и у ~~данной~~ линзы

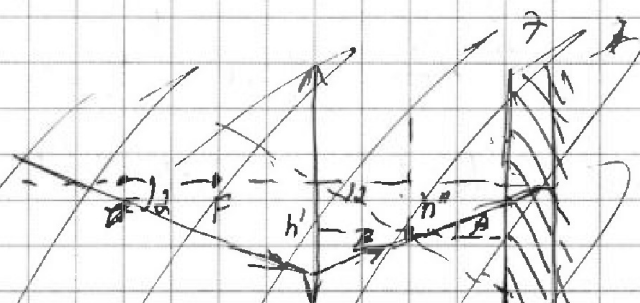
Источник света на расстоянии $2F$ от Λ ,
значит луч пойдёт через $2F$ за линзой.

$$2l = \frac{4h}{3} = \frac{8F}{3}$$

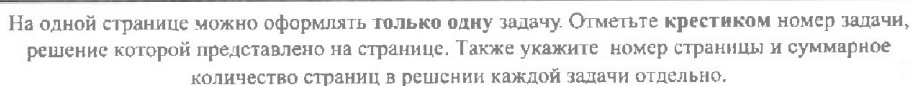
Найдём высоту луча относительно ГОЦ Λ'

$$h' = (2l - 2F) \sin \alpha = \frac{2}{3} F \cdot \frac{3m}{2F} = 1m \quad (\text{луч отстоит на } F \text{ от } \Lambda')$$

Найдём расстояние на вертикали будет луч от ГОЦ такое же, как отклонка на расстоянии F от линзы (h'')

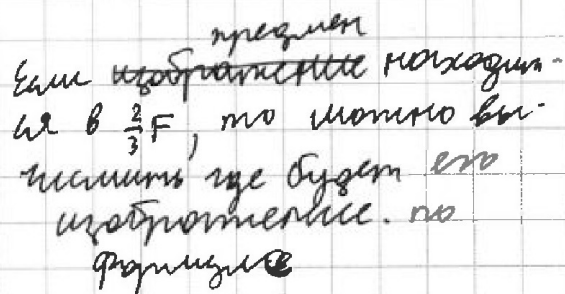


$$h'' = F \sin \alpha = F \cdot \frac{h}{l} = \frac{F}{\frac{4}{3}F} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$



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!



$$\frac{1}{d} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{3}{2}F - \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{2F} - \frac{1}{F} = \frac{1}{2F}$$

$$f = 2F$$

omnigoda ~~β~~ $\beta = \frac{h''}{2F}$

$$b g d = \frac{2' h''}{\frac{2}{3} F}$$

$$\frac{2}{3} f \lg \alpha = 2 f \lg \beta$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 3 \operatorname{tg} \beta$$

$$R_1' = h'' + h \operatorname{tg} \beta = h'' + h \frac{\operatorname{tg} \alpha}{3} = h'' + \frac{2F \cdot r}{3h} = 1 \text{ cm} + \frac{r}{3} = 2 \text{ cm}$$

$$R_2' = (2h + 2L) \tan \alpha = 2h + \frac{4h}{3} \cdot \frac{r}{h} = \frac{10h}{3} \cdot r = \frac{10}{3} r = 10 \text{ cm}$$

$$S_{\text{меш. адм. на выходе}} = \pi(R_2'^2 - R_1'^2) = \pi(R_2' - R_1')(R_2' + R_1') = \pi \cdot 12 \cdot 8 \text{ см}^2 = 96\pi \text{ см}^2$$

Antwort: 8 1) $S_3 = 56 \text{ J cm}^2$

$$2) S_9 = 96 \text{ см}^2$$