



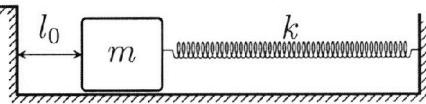
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-05



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

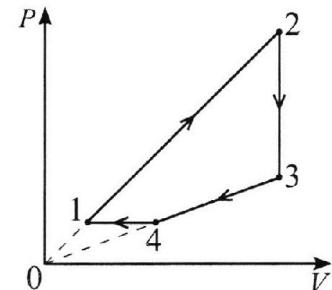
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой  $m$  прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью  $k$ . На расстоянии  $l_0$  от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на  $11l_0/4$ , тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. После первого удара тела о уступ максимальное сжатие пружины оказалось  $5l_0/2$ . Все удары о уступ считать частично упругими, при которых отношение кинетических энергий после удара и до удара можно считать постоянным. Каждая точка тела движется вдоль одной горизонтальной прямой.



- 1) Определите скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом.
- 2) Определите величину максимального сжатия пружины после второго удара.
- 3) Сколько времени прошло между моментом отпускания тела и моментом максимального сжатия пружины после первого удара?

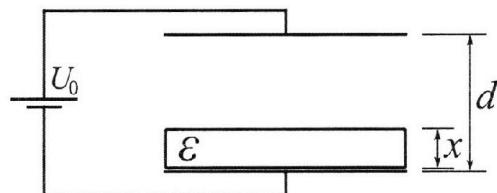
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

2. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1-2-3-4-1, является идеальный газ (см. рис.). Участки цикла 1-2 и 3-4 лежат на прямых, проходящих через начало координат, 2-3 – изохора, 4-1 – изобара. На каждом из участков 2-3 и 4-1 от газа было отведено количество теплоты  $Q$  ( $Q > 0$ ). Молярная теплоёмкость газа в процессе 3-4 равна  $C = 3R$ ,  $R$  – универсальная газовая постоянная. Отношение температур  $T_4/T_1 = 5/2$ .

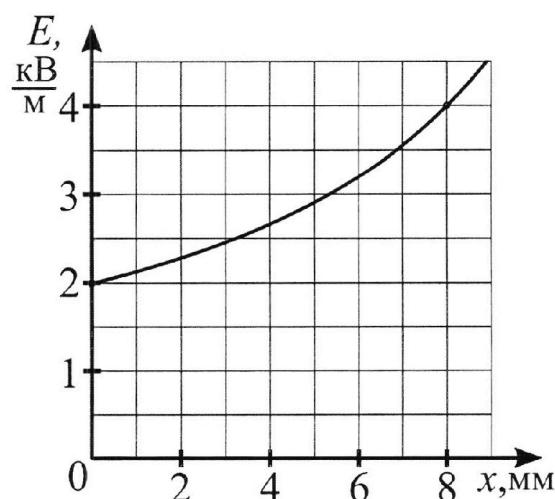


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками  $d = 12$  мм (см. рис.). В конденсатор вставляется пластина из диэлектрика толщиной  $x$  (пластина занимает часть объема конденсатора, равную  $x/d$ ). Известна часть графика зависимости напряженности электрического поля в воздушном зазоре от толщины пластины  $x$  (см. рис.). Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной единице.



- 1) Найти напряжение  $U_0$  источника.
- 2) Найти диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  диэлектрика.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-05

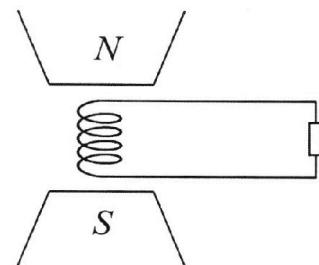


*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

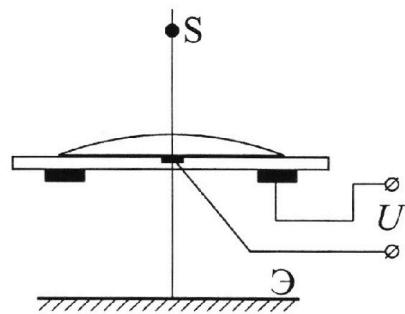
4. Катушка с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением  $R$ . Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . За время выключения ток в катушке возрастает линейно от нуля до  $I_1$ .

- 1) Найти скорость возрастания тока через время  $\tau/3$  от начала выключения.
- 2) Найти заряд  $q$ , протекший через резистор от момента начала выключения поля до момента, когда ток через резистор станет нулевым.
- 3) Найти индуктивность  $L$  катушки.

Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.



5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления  $n = 1,4$  покоится на тонкой смачиваемой прозрачной горизонтальной диэлектрической подложке (см. рис.). Капля используется в качестве тонкой плосковыпуклой линзы для получения изображения маленького светящегося шарика-светодиода  $S$  на экране  $\mathcal{E}$ . Источник  $S$  можно перемещать вдоль главной оптической оси линзы. Плоскость экрана перпендикулярна оси и находится на расстоянии  $b = 6$  см от линзы. Расстояние от источника до линзы значительно больше диаметра пучка света, проходящего через линзу. Если под каплей соосно расположить два электрода, так что небольшой центральный электрод непосредственно контактирует с жидкостью, а периферийный (кольцо) изолирован от неё, то можно изменять радиус  $R$  кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения  $U$ , прикладываемого к электродам. Если светодиод на высоте  $a_1 = 12$  см над каплей, то изображение на экране при  $U_1 = 1$  В. Если светодиод на высоте  $a_2 = 18$  см, то изображение на экране при напряжении  $U_2 = 2$  В.



- 1) Выберите формулу для фокусного расстояния  $F$  плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны  $R$  и показателя преломления  $n$ .
- 2) Определите радиус кривизны  $R_0$  капли при нулевом напряжении.
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещенностей  $E_1/E_2$  первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.

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



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

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!

Удар  $T_1 = t_1$ , и тогда:

$$\cos(\omega T_1) = -\frac{4}{11}$$

$$T_1 = \frac{1}{\omega} \arccos\left[-\frac{4}{11}\right] = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \arccos\left[-\frac{4}{11}\right] = \sqrt{\frac{m}{k}} (\pi - \arccos\left[\frac{4}{11}\right])$$

Время  $T_2$ , прошедшее с момента первого удара до момента, когда синусоидного колебания пружины после первого удара, такое, что

$$x(T_2) = -A_1, \text{ т.е.}$$

$$-\ddot{x}_1 = A_1, \cos(\omega T_2 + \varphi_0) = -1$$

$$\cos(\omega T_2 + \varphi_0) = -1$$

$$\omega T_2 = \pi - \varphi_0$$

Из уравнения  $x(0) = h_0$ , имеем:

$$\ddot{x}_1 = A_1, \cos(\varphi_0) = \frac{5\sqrt{5}}{2} \cos(\varphi_0)$$

$$\left| \varphi_0 = \arccos\left[\frac{2}{5}\right] \right.$$

Итак, получаем следующее:

$$T_2 = \frac{1}{\omega} \left( \pi - \arccos\left[\frac{2}{5}\right] \right) = \sqrt{\frac{m}{k}} \left( \pi - \arccos\left[\frac{2}{5}\right] \right)$$

Время броя  $T$ , прошедшее с момента отпускания тела до момента максимального отклонения пружины после первого удара, равно:

$$T = T_1 + T_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left( 2\pi - \arccos\left[\frac{2}{5}\right] - \arccos\left[\frac{4}{11}\right] \right).$$

$$\text{Очевидно: 1)} \varphi_0 = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}; 2) A_2 = b \sqrt{\frac{2k}{5}}; 3) T = \sqrt{\frac{m}{k}} \left( 2\pi - \arccos\left[\frac{2}{5}\right] - \arccos\left[\frac{4}{11}\right] \right).$$

(Все обозначения в решении).

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

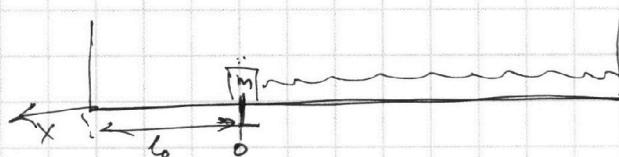
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

1.

Давно, что такое колебание гирькой, колебанием **пружинного маятника**  $W = \sqrt{\frac{k}{m}}$  (**а изначально синуситуса колебаний  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$** ) было скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом равна:

$$V_0 = A_0 \omega_0 = \frac{116}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

~~Введём ось X направлением влево в начало координат в положении равновесия тела, тогда координата X зависит от времени t. Сополускающий тело до первого удара, как:  $X(t) = A_0 \cos(\omega_0 t)$ :~~



Могда скорость тела V зависит от t, так как  $V(t) = \dot{x}(t) = A_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t)$ ,

а так как время перед первым ударом ~~t(t)~~  $X = l_0$ , то:

$$l_0 = -\frac{116}{4} \cos(\omega_0 t_1)$$

$$\cos(\omega_0 t_1) = -\frac{4}{11} \Rightarrow \sin(\omega_0 t_1) = \sqrt{1 - \frac{16}{121}} = \frac{\sqrt{105}}{11}$$

где  $t_1$  - время перед которым произошёл первый удар в начальном положении тела. Могда скорость тела перед первым ударом в начальном положении тела  $V_0' = \frac{116}{4} \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{105}}{11} = \frac{l_0}{4} \sqrt{\frac{105}{m}}$ . Далее тело удаётся и отскакивает, если оно всплывёт со скоростью  $V_1'$ , а  $t_1$  координата X будет зависеть от времени t с начальным первым ударом всплытием до второго, как:

$$X(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0); \text{ где } \varphi_0 - \text{ начальный фаза затухания колебаний, после первого удара.}$$



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!

Доказано, что по закону сохранения энергии при колебании маятника и второго удара, первое движение:

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{Kl^2}{2} = \frac{KA_0^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{Kl^2}{2} = \frac{KA^2}{2}$$

$$mv_0^2 = KA^2 \left( \frac{2\pi}{4} - 1 \right) = KA^2 \cdot \frac{3}{4}$$

$$v_0 = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{2KA}{m}}$$

При  $\alpha = \frac{mv_0^2}{2 \cdot KA^2} = \frac{(v_0)^2}{KA^2} = \frac{(\frac{l}{2})^2}{KA^2} = \frac{l^2}{4KA^2}$  после каждого удара кинетическая энергия маятника уменьшается в 6 раз, равна:

$$\alpha = \frac{mv_0^2}{2 \cdot KA^2} = \left( \frac{v_0}{A} \right)^2 = \left( \frac{\frac{l}{2}}{A} \right)^2 = \left( \frac{l}{2A} \right)^2 = \frac{l^2}{4A^2} = \frac{1}{4}$$

После кинетической энергии маятника после 2-го удара равна:

$$\alpha = \frac{mv_0^2}{2 \cdot E_2} \Rightarrow E_2 = \frac{mv_0^2}{2\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mv_0^2}{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mv_0^2}{\frac{1}{4}} = \frac{2mv_0^2}{1} = \frac{2KA^2}{1}$$

При  $\alpha = \frac{mv_0^2}{2 \cdot KA^2} = \frac{(v_0)^2}{KA^2} = \frac{(\frac{l}{2})^2}{KA^2} = \frac{l^2}{4KA^2}$  после второго удара и 3-го удара, маятник смеется:

$$E_2 + \frac{KA^2}{2} = \frac{KA_2^2}{2}$$

$$\frac{2KA^2}{2} + \frac{KA^2}{2} = \frac{KA_2^2}{2}$$

$$KA_2^2 = 2KA^2 \Rightarrow A_2 = \sqrt{\frac{2A}{5}}$$

Задача доказана - маятник не останавливается после второго удара. Доказано, что

время  $T_1$ , прошедшее с момента отпускания маятника до первого



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

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
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!

Молга м.к в процессе 3-4 ~~затрачене~~ полное Менделеев-Каменка

тогда имеем соотв  $\alpha V^2 = \nu R T$ , но:  $\alpha V_4^2 = \nu R T_4 = \cancel{\nu R T}$ , а  $\alpha V_2^2 = \nu R T_3$ , т.е.

$$\alpha \cdot \left(\frac{5}{2} V_1\right)^2 = \nu R \cancel{\frac{5}{2} T_1}$$

$$\cancel{\frac{5}{2}} \alpha V_1^2 = \nu R T_1$$

$$\alpha = \frac{2 \nu R T_1}{5 V_1^2}$$

И молга  $\frac{2 \nu R T_1}{5} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \nu R T_3$ , т.е.  $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{5 T_3}{2 T_1}$ ; а так же м.к в проце-

се 1-2 давление  $P = \beta V$ , т.е.  $\beta$  - некоторый коэффициент, то срав-

нивме Менделеев-Каменка имеем соотв  $\beta V^2 = \nu R T$ , т.е есть

$$\beta V_1^2 = \nu R T_1 \Rightarrow \beta = \frac{\nu R T_1}{V_1^2}$$

И молга  $\beta V_2^2 = \nu R T_2$ , т.е.  $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1}$ . Но имеем  $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1} = \frac{5 T_3}{2 T_1}$ , т.е.

$$\cancel{T_2} \quad | \quad T_2 = \frac{5 T_3}{2}$$

Молга возвращаю к ранее выведеному уравнению, приходим к тому, что:

$$T_2 - T_3 = \frac{2 Q}{5 \nu R} \Rightarrow \frac{3 T_3}{2} = \frac{2 Q}{5 \nu R} \Rightarrow$$

$$| T_3 = \frac{4 Q}{15 \nu R}$$

В итоге работы ~~запас~~ на участке 3-4 получ:

$$A_{34} = \nu R \left( T_4 - T_3 \right) = \frac{\nu R}{2} \left( \frac{5}{2} T_1 - T_3 \right) = \frac{\nu R}{2} \left( \frac{5}{2} \cdot \frac{4 Q}{15 \nu R} - \frac{4 Q}{15 \nu R} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{10 Q}{21} - \frac{4 Q}{15} \right)$$

$$A_{34} = \frac{22 Q}{5 \cdot 3 \cdot 4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{11 Q}{105} > 0$$

Норма выработка быть определена, но такого условия ~~данного~~ не можем (при таких условиях).  $C_{34} = \frac{1}{2} R \cdot \Theta$

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

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
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 условия  $|Q_4| = Q$ , тогда:

$$Q = \frac{7}{2} vR |T_1 - T_4| = \frac{7}{2} vR \cdot \frac{3}{2} T_1 = \frac{21}{4} vRT_1$$

$$vRT_1 = \frac{4Q}{21} \Rightarrow T_1 = \frac{4Q}{21vR}$$

$$\text{Дл. т. } A_{12} = vR \cdot \left(-\frac{3}{2} T_1\right) = -\frac{3}{2} \cdot \frac{4Q}{21} = -\frac{6Q}{7}, \text{ а } H_{23} \downarrow \text{ (т.к. } V = \text{const})$$

Из условия  $A_{12} = 0$  получаем  $T_2 = T_3$ . Тогда в процессе 2-3 изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ . Поэтому  $T_2 = T_3$  – это изотермический процесс. Следовательно, изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ . Тогда в процессе 2-3 изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ . Тогда в процессе 2-3 изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ .

Из условия  $H_{23} = 0$  получаем  $T_2 = T_3$ . Тогда в процессе 2-3 изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ . Тогда в процессе 2-3 изменилось  $v$  и  $T$ , но  $H_{23} = 0$ .

$$|Q_{23}| = |H_{23} + \Delta U_{23}| = \frac{5}{2} vR (T_2 - T_3) = Q$$

$$T_2 - T_3 = \frac{2Q}{5vR}$$

Из условия однотемпературности состояний 1, 4 и 2-3 получаем  $V_1, V_4$  и  $V_2$  совместно

изменяются, тогда по уравнению Менделеева-Клапейрона:  $P_1 V_1 = vRT_1$  и

$$P_1 V_4 = vRT_4, \text{ где } P_1 - \text{ давление в состоянии 1 и } V_1 - \text{ объем в состоянии 1.}$$

$$\frac{V_1}{V_4} = \frac{T_1}{T_4} = \frac{2}{5} \Rightarrow V_4 = \frac{5V_1}{2}$$

Из условия однотемпературности состояний 2 и 3 получаем  $P_2 V_2 = vRT_2$

$$P_2 V_2 = vRT_2, \text{ где } V_2 = vRT_2 = \frac{vRT_2}{P_2}, \text{ где } P_2 = P_1 \text{ (давление в состоянии 2)}$$

изменяется, а  $v$  и  $T$  в процессе 3-4

изменяются:

$$\frac{P_1 V_1}{V_4} = \frac{P_3 V_2}{V_2} \Rightarrow P_3 = \frac{2P_1 V_2}{5V_1}$$

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  
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!

в2

Ясно, что давление газа в процессе 3-4 ~~не~~ зависит от времени года, так как  $p(V) = \alpha V$ , где  $\alpha$  - некоторый константный коэффициент, ~~но~~ тогда работы в процессе 3-4

газа на участке от  $V_1$  до  $V_2$  равна:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV = \alpha \int_{V_1}^{V_2} V dV = \frac{\alpha V^2}{2} \Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{\alpha (V_2^2 - V_1^2)}{2}$$

А так по уравнению Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu RT$ , где  $V$ -объем газа, а  $T$ -температура, то  $\alpha V^2 = \nu R T$  и соответственно если при  $V_1$  и  $V_2$  меняют. газа в процессе 3-4 работы  $T_1$  и  $T_2$ , то:

$$A = \frac{\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2}{2} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2}$$

Т.е. если кон-бо изменяется свободное газа работы  $i$ , то кон-бо наведен-ний меняются к газу на участке от  $V_1$  до  $V_2$  в процессе 3-4 по первому закону термодинамики работы:

$$Q_{\text{в}} = C(T_2 - T_1) = A + \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2} \cdot (i+1)$$

$$i = i+1 \Rightarrow i = 5 \quad \cancel{\text{здесь}}$$

Рассмотрим процесс 4-1, работе газа в нём  $A_{41} = p(V_1 - V_4) = \nu R (T_1 - T_4)$ , а из условия было дано значение турбины этого процесса  $\Delta U_{41} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_4) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_4)$ , т.е. кон-бо наведенного изменения к газу в этом процессе работы по первому закону термодинамики:

$$Q_{41} = A_{41} + \Delta U_{41} = \frac{7}{2} \nu R (T_1 - T_4)$$

Т.е. монотонная зависимость этого процесса  $C_{41} = \frac{Q_{41}}{\nu (T_1 - T_4)} = \frac{7}{2} R$ .

А т.к.  $T_4 = \frac{5}{2} T_1$  то  $T_1 - T_4 < 0$  и  $Q_{41} < 0$ , т.е. теплоемкость газа отрицательна.

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

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

23

Ясно, что т.к. пластинка из диэлектрика заменяет часть объема конденсатора,

то если  $\frac{x}{d}$ , то ее присутствие показывает, что и тогда  $E$  пластины конденсатора.

Более того, пусть заряд на верхней пластине конденсатора равен

$q$ , то т.к. на ней  $-q$ , и тогда напряжение на конденсаторе,  $U_0$ ,

которое также равно напряжению источника, равно:

$$U_e = U_0 = \frac{q}{\epsilon S} \cdot (d-x) + \frac{q}{\epsilon S} \cdot x = \frac{q(\epsilon(d-x) + x)}{\epsilon S}$$

$$\left| \frac{q}{\epsilon S} = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon(d-x)+x} \right.$$

Чтобы напряжение ЭД. сущ. в беззазорном зазоре  $E = \frac{q}{\epsilon S}$  зависело от

$x$ , как:

$$E(x) = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon(d-x)+x}$$

Из рисунка в условии при  $x_1 = 0$   $E_1 = 2 \frac{V}{m}$ , а при  $x_2 = 8$   $E_2 = 4 \frac{V}{m}$ ,

$$E = E_2 = 4 \frac{V}{m}, \text{ т.к.}$$

$$E_1 = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d} = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E_1 d = 2000 \frac{V}{m} \cdot \frac{12}{1000} m = 24 V$$

А значит:

$$E_2 = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon(d+x_2)+x_2} \Rightarrow E_2 \epsilon(d-x_2) + E_2 x_2 = \epsilon U_0$$

$$\cancel{E_2(d-x_2)} \epsilon (U_0 - E_2(d-x_2)) = E_2 x_2$$

$$\left| q = \frac{4000 \frac{V}{m} \cdot 8 \frac{m}{1000}}{24000 \frac{V}{m} \cdot \frac{4}{1000}} = \frac{32}{8} = 4 \right. \quad \left. \text{Ответ: } (U_0 = 24000 \frac{V}{m}; 2) \epsilon = 4. \right.$$

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

Доказем, что ток  $I$  в контуре вытекает из тока  $I_1$ . Так как в контуре линейный закон изменения тока, то скорость изменения тока  $I$  постоянна и равна  $\dot{I} = \frac{I_1}{T}$ , т.е. скорость изменения тока  $I$  через время  $\frac{T}{3}$  от момента вытекания тока  $I_1$  тоже равна  $\dot{I}$ . Так как во время вытекания тока  $I_1$  ток в контуре  $I$  зависит от времени  $t$  с началом вытекания, то контур вытекает, как  $I(t) = \frac{I_1 t}{T}$ , т.е. заряд  $q_1$ , протекший через резистор за промежуток времени от момента вытекания тока  $I_1$  до момента вытекания тока  $I$ , равен:

$$q_1 = \int_0^t I(t) dt = \frac{I_1}{T} \int_0^t t dt = \frac{I_1}{T} \cdot \frac{T^2}{2} = \frac{I_1 T}{2}$$

Далее, после вытекания тока  $I_1$ , заряд  $q_1$  от некоторой начальной точки  $q_1(0)$  изменяется, складываясь по пути напряжения на элементах цепи, а ток  $I$  постоянен.

Напряжение на конденсаторе и контурном токе однозначно связано, т.к.:

$$L \dot{I} + R I = 0 \quad | \text{ где } I - \text{ток в контуре, а } \dot{I} - \text{скорость изменения тока контуре в контуре, когда ток в контуре равен } I$$

$$\frac{d(LI)}{dt} + RI = 0$$

$$\int_{q_1(0)}^{q_2} (L dI + R dq) = 0 \quad | \text{ предположение о том, что ток в контуре } I_1 \text{, где } q_1 \text{, когда ток в контуре } I_1, \text{ и ток в контуре } I_2 \text{, когда ток в контуре } q_2$$

$$L(0 - I_1) + R(q_2 - 0) = 0 \quad | \text{ когда, когда ток в контуре } 0$$

$$q_2 = \frac{L I_1}{R}$$

Задача - заряд, прошедший через резистор за время, пока ток в контуре зависит от  $I$ , где  $0$  при вытекании тока. Тогда заряд  $q_1$ , протекший через резистор от момента начала вытекания тока до момента, когда ток через резистор становится нулевым, равен:



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

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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

$$q = q_1 + q_2 = \frac{\frac{I_1 T}{2}}{R} + \frac{L I_1}{R} = I_1 \left( \frac{T}{2} + \frac{L}{R} \right)$$

Тако, что при выполнении потока ~~на~~ ~~заносится~~ поток через катушку

~~поток~~ ~~и~~ ~~заносится~~ ~~в~~ ~~катушку~~, ~~и~~ ~~поток~~ ~~от~~ ~~катушки~~ ~~от~~ ~~катушки~~,  
заносится постоянными в течение всего времени выполнения,   
и в то время как поток ~~на~~ ~~перед~~ ~~заносом~~ ~~заносится~~ ~~из катушки~~

$\Phi_0 = B_0 n S_1$ , а поток после первого выполнения поток  $\Phi_1 = L I_1$ , то

$\Phi_0 = \Phi_1$  и соответственно  $L = \frac{B_0 n S_1}{I_1}$  и:

$$q = I_1 \left( \frac{T}{2} + \frac{B_0 n S_1}{R I_1} \right) = \frac{B_0 n S_1}{R} + \frac{I_1 T}{2}$$

(Однако: 1)  $I_0 = \frac{I_1}{T}$ ; 2)  $q = \frac{B_0 n S_1}{R} + \frac{I_1 T}{2}$ ; 3)  $L = \frac{B_0 n S_1}{I_1}$ .



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  
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!

$$\left| \frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{F_1 R_0}{4\pi a_1^2} - \frac{F_0 R_0}{4\pi a_2^2}}{\frac{F_2 R_0}{4\pi a_2^2}} \right| = \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^2 = \left( \frac{18}{12} \right)^2 = \left( \frac{3}{2} \right)^2 = \frac{9}{4} = 2,25.$$

| Ответ: 1)  $F = \frac{R}{n-1}$ ; 2)  $R_0 = 1,4 \text{ см}$ ; 3)  $\frac{E_1}{E_2} = 2,25$ .

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

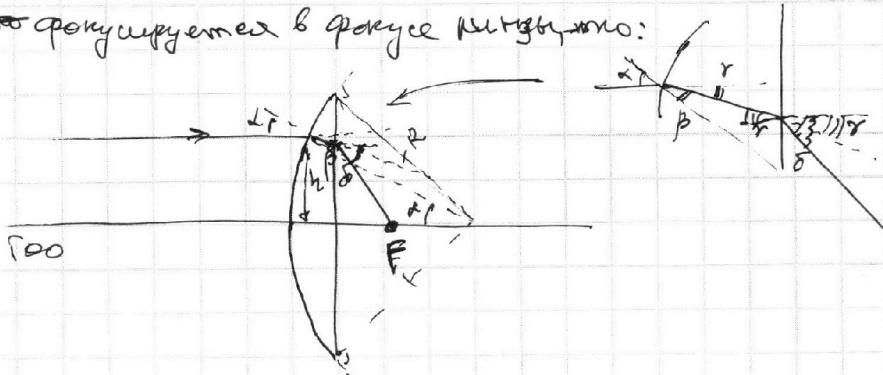
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Рассмотрим тонкую линзовую линзу с радиусами кривизн  $R_1$  и  $R_2$  и индексом преломления  $n$ , находящуюся в воздухе.

Изображение предмета  $P$  с расстоянием  $r$  от линзы

он ~~воздух~~ фокусируется в воздухе на расстоянии:



Путь луча, параллельного оси  $\Gamma O O'$ , прописан в решении  
 $n < R$  отсюда, тогда  $\sin \alpha = \frac{h}{R}$  и по закону Снеллиуса:

$$\sin \alpha = n \sin \beta \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n}$$

$\text{tg} \cdot \ell \cdot \delta = \alpha - \beta = \alpha \frac{(n-1)}{n}$  и совпадает по закону Снеллиуса:

$$n \sin \delta = \sin \delta \Rightarrow \delta = n \delta = \alpha(n-1)$$

А т.к. путь луча линзой, то волны луча проходят сквозь линзу и соединяются в воздухе  $n$  и совпадают:

$$\delta = \frac{h}{F} \Rightarrow F = \frac{n}{\alpha(n-1)} = \frac{R}{n-1}$$

Ясно, что волна ~~воздух~~ падающая на линзу зависит от направления

и потому, что  $R(U) = R_0 + kU$ , где ~~это~~ некоторый коэффициент  $k$   $R_0$  — радиус кривизны при  $U=0$ . Значит фокусы линзой неизменны для сплошной среды, т.е.:

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



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

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!

$$\frac{n-1}{R_1} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b} = \frac{b+a_1}{ba_1}$$

$$| R_1 = \frac{ba_1(n-1)}{b+a_1} - \text{радиус с кривизной при } U = U_1,$$

Теперь заменим выражение матрицы для  $U = U_2$ , тогда:

$$\frac{n-1}{R_2} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b} = \frac{b+a_2}{ba_2}$$

$$| R_2 = \frac{ba_2(n-1)}{b+a_2} - \text{радиус с кривизной при } U = U_2.$$

Известно, что  $n \cdot k$   $R_1 = \frac{k \cdot 12 \cdot 0,4}{ba_1} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ см}$ , а  $R_2 = \frac{k \cdot 18 \cdot 0,4}{ba_2} = 1,8 \text{ см}$ , то:

$$R_0 + kU_1 = R_1 \Rightarrow R_0 = R_1 - kU_1; \text{ и:}$$

$$R_0 + kU_2 = R_2 \Rightarrow R_0 = R_2 - kU_2; \text{ и:}$$

$$R_2 - R_1 = k(U_2 - U_1)$$

$$| k = \frac{R_2 - R_1}{U_2 - U_1} = \frac{0,2 \text{ см}}{1 \text{ В}} = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}}$$

Таким образом  $R_0 = 1,6 \text{ см} - 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}} \cdot 1 \text{ В} = 1,4 \text{ см}$ . Ясно, что  $n \cdot k$  получают на конечную нагрузку всем оценкам. Более сложнее (при  $a_1, a_2$ ),

как ~~то~~ ~~получим~~ ~~последовательно~~ получим энергию  $S_0$ , но как ~~то~~ ~~энергии~~ ~~получим~~ ~~последовательно~~.

Последовательно получим энергию  $E_1$  при  $a_1$ , работа  $E_1 = E_0 \cdot \frac{S_0}{y_{\text{раб}}}$

а б. для  $E_2 = E_0 \cdot \frac{S_0}{y_{\text{раб}}}$ , где  $y_{\text{раб}}$  - полная энергия, которую ~~получим~~ ~~получим~~

таким образом на всему пространству без ~~погрешности~~, т.е.:

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

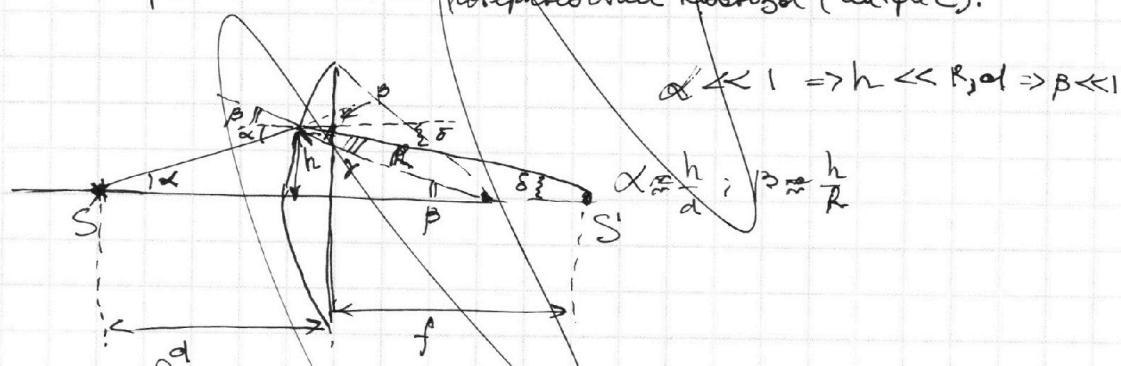
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим плоскоизогнутое зеркало с показателем преломления  $n$  и

размером кривизны  $R$ , а именно рассмотрим то, как зеркало изогнуто

Изображаем свет под некоторым углом от источника  $S$ , находящимся на расстоянии  $d$  от поверхности зеркала (см. рис.).

Задача на расстояние  $f$  от поверхности зеркала (см. рис.):



Изображено на рисунке ~~стену~~ Стена ~~стену~~  $\sin(\alpha + \beta) = s \cdot h \cdot \sin \gamma$ ;

$$\alpha + \beta \approx \pi n \Rightarrow r = \frac{\alpha + \beta}{n} = \frac{h + h}{n} = \frac{h(R+d)}{Rdn}$$

А также видимо, что  $\delta + \gamma = \beta$ , т.е.:

$$\delta = \beta - \gamma = \frac{h}{R} - \frac{h(R+d)}{Rdn} = \frac{h(d(n-1) + R)}{Rdn}$$

Чтобы изображение  $S'$  формируется на расстоянии  $f$ , нужно:

$$\delta = \frac{f}{f} \Rightarrow f^2 \frac{h}{\delta} = \frac{Rdn}{d(n-1) + R}$$

Чтобы ~~получить~~ ~~получить~~ формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{d(n-1) - R}{Rdn} = \frac{1}{d} + \frac{n-1}{Rn} - \frac{1}{dn} = \frac{n-1}{d} + \frac{n-1}{Rn}$$

Чертёжник



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!

А так же т.к. в процессе 1-2 давление газа  $P = \rho V$ , где  $\rho$  - некоторый коэффициент, то:

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{\rho V_2}{V_1}$$

Т.к.  $\rho$  const:

$$V_2 = \frac{\rho V_3}{P_3} = \frac{\rho V_1}{P_2}$$

$$\frac{T_3 \cdot 5V_1}{2\rho V_2} = \frac{T_2 \cdot V_1}{\rho V_2} \Rightarrow T_2 = \frac{5}{2} T_3$$

а значит:

$$T_2 - T_3 = \frac{3}{2} T_3 = \frac{2Q}{5VR}$$

$$T_3 = \frac{4Q}{15VR}$$

\*3 more:

~~$$A_{34} = \frac{VR}{2} (T_4 - T_3) = \frac{VR}{2} \left( \frac{2}{7} T_1 - T_3 \right)$$~~

$$A_{34} = \frac{VR}{2} \left( -\frac{4Q}{15VR} + \frac{5}{2} \cdot \frac{4Q}{21VR} \right) = \frac{1}{2} \left( -\frac{4Q}{15} + \frac{10Q}{21} \right) = +\frac{22Q}{210} = +\frac{11Q}{105}$$

А так же процесс 1-2 const с процессом 3-4, то:

~~$$A_{12} = \frac{VR}{2} (T_2 - T_1) = \frac{VR}{2} \left( \frac{5}{2} T_3 - T_1 \right) = \frac{VR}{2} \left( \frac{5}{2} \cdot \frac{4Q}{15VR} - \frac{4Q}{21VR} \right)$$~~

$$A_{12} = \frac{1}{2} \left( \frac{2Q}{21} - \frac{4Q}{21} \right) = \frac{10Q}{21} = \frac{5Q}{21}$$

Т.к. суммарная работа за цикл ~~не~~ равна:

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = \frac{5Q}{21} + 0 + \frac{11Q}{105} - \frac{2Q}{7} = \frac{7Q}{21} - \frac{2Q}{7}$$

$$A = \frac{2Q}{15} - \frac{2Q}{7}$$