



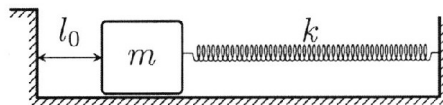
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



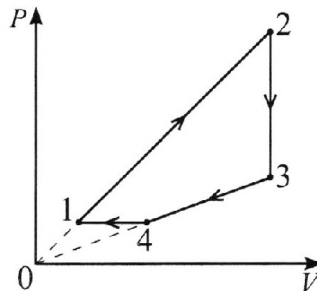
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k . На расстоянии l_0 от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на $11l_0/4$, тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. 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?

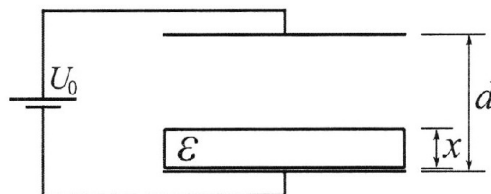
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 $T_4/T_1 = 5/2$.

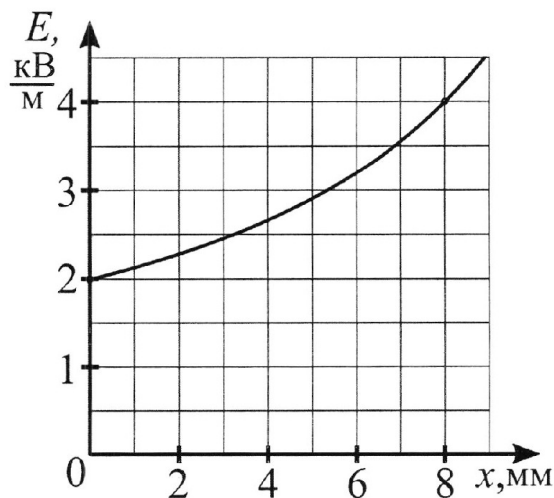


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

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 ϵ диэлектрика.





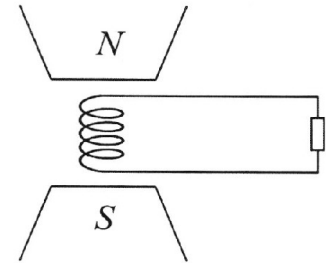
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-05

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



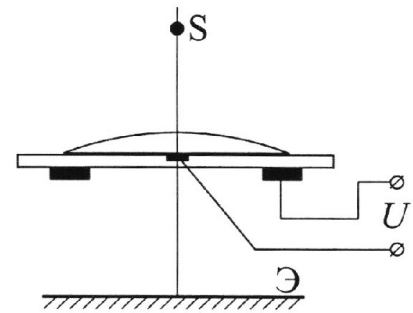
4. Катушка с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . 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) Выведите 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 освещённостей 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.

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!

Удара $T_1 = t_1$ и тогда:

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

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

А время T_2 , прошедшее с момента первого удара до момента максимума отклонения пружины после первого удара, такое, что

$$x(T_2) = -A_1, \text{ т.е.}$$

$$-A_1 = A_1 \cos(\omega T_2 + \varphi_0)$$

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

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

Тогда $x(0) = x_0$, то:

$$x_0 = A_1 \cos(\varphi_0) = \frac{5b}{2} \cos(\varphi_0)$$

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

и соответственно:

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

Тогда время T , прошедшее с момента отбрасывания тела до момента максимума отклонения пружины после первого удара, равно:

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

Ответ: 1) $x_0 = \frac{5b}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$; 2) $A_1 = b \sqrt{\frac{2b}{5}}$; 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).



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

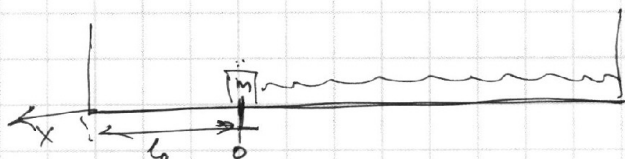
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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

1. Ясно, что так как функция расстояния колебаний пружинного маятника $w = \sqrt{\frac{k}{m}}$ (а начальная амплитуда колебаний $A_0 = \frac{11l_0}{4}$) это скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом равна:

$$v_0 = A_0 w = \frac{11l_0}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

~~В~~ Введём ось x направленную влево с началом координат в положении равновесия тела, тогда координата x зависит от времени t с отпускания тела до первого удара, как: $x(t) = A_0 \cos(\omega t)$:



Тогда скорость тела v зависит от t , как $v(t) = \dot{x}(t) = A_0 \omega \sin(\omega t)$,

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

$$v = -\frac{11l_0}{4} \cdot \omega \cos(\omega t_1)$$

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

где t_1 - время через которое произойдёт первый удар с момента отпускания тела. Тогда скорость тела прямо перед первым ударом

равна $v_1' = \frac{11l_0}{4} \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{105}}{11} = \frac{l_0}{4} \sqrt{\frac{105k}{m}}$. Далее тело ударится и отскочит. Если от времени со скоростью v_1' , а координата x будет зависеть от времени t с момента первого удара вплоть до второго, как:

$$x(t) = A_1 \cos(\omega t + \phi_0); \text{ где } \phi_0 - \text{начальная фаза движения колебаний, после первого удара.}$$



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!

Ясно, что по закону сохранения энергии при колебаниях маятника ^{и второго удара,} первого удара ^{и второго удара,} имеем:

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{klb^2}{2} = \frac{klA_1^2}{2}$$

$$mv_0^2 = klb^2 \left(\frac{2\pi}{l} - 1 \right) = klb^2 \cdot \frac{2\pi}{l}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{klb^2}{2} = \frac{klA_1^2}{2}$$

$$mv_0^2 = klb^2 \left(\frac{2\pi}{l} - 1 \right) = klb^2 \cdot \frac{2\pi}{l}$$

$$v_1 = \frac{lb}{2} \sqrt{\frac{2\pi k}{m}}$$

Т.е. ~~после каждого удара~~ после каждого удара кинетическая энергия груза уменьшается в α раз, равное:

$$\alpha = \frac{\frac{mv_0^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}} = \left(\frac{v_0}{v_1} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{10g}}{\frac{lb}{2} \sqrt{\frac{2\pi k}{m}}} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{5}}{2} \right)^2 = \frac{5}{4}$$

Тогда кинетическая энергия маятника ^{E_0} после 2-го удара равна:

$$\alpha = \frac{mv_1^2}{2 \cdot E_2} \Rightarrow E_2 = \frac{mv_1^2}{2\alpha} = \frac{1}{5} \cdot \frac{lb^2}{4} \cdot \frac{2\pi k}{m} = \frac{2\pi klb^2}{10}$$

Т.е. по закону сохранения энергии при колебаниях после второго удара и до 3-го удара, имеем:

$$E_2 + \frac{klb^2}{2} = \frac{klA_2^2}{2}$$

$$\frac{2\pi klb^2}{10} + \frac{klb^2}{2} = \frac{klA_2^2}{2}$$

$$A_2^2 = \frac{2\pi}{5} lb^2 \Rightarrow A_2 = lb \sqrt{\frac{2\pi}{5}}$$

где A_2 - максимальное сжатие пружины после второго удара. Ясно, что время T_1 , прошедшее с момента отклонения ^{маятника} ~~от положения равновесия~~ 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.



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!

Тогда мы введем 3-4 ~~гидро~~ уравнение Менделеева-Клапейрона
получим связь $\alpha V_1^2 = \nu R T_1$, то: $\alpha V_4^2 = \nu R T_4 = \frac{5}{2} \nu R T_1$, а $\alpha V_2^2 = \nu R T_3$, т.е:

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

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

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

И тогда $\frac{2 \nu R T_1}{5} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \nu R T_3$, т.е. $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{5 T_3}{2 T_1}$; а также мы введем
связь 1-2 уравнение $p = \beta V$, где β - некий коэффициент, то урав-

нение Менделеева-Клапейрона даст связь $\beta V_1^2 = \nu R T_1$, то есть

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

И тогда $\beta V_2^2 = \nu R T_2$, т.е. $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1}$. В итоге $\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{T_2}{T_1} = \frac{5 T_3}{2 T_1}$, т.е:

$$\cancel{T_2} \mid T_2 = \frac{5 T_3}{2}$$

Тогда возвращаясь к ранее введенному уравнению, приложим к нему,
то:

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

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

В итоге работа газа ~~будет~~ на участке 3-4 равна:

$$A_{34} = \frac{\nu R (T_4 - T_3)}{2} = \frac{\nu R}{2} \left(\frac{5}{2} T_1 - T_3 \right) = \frac{\nu R}{2} \left(\frac{5}{2} \cdot \frac{4 Q}{21 \nu R} - \frac{4 Q}{15 \nu R} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{20 Q}{21} - \frac{4 Q}{15} \right)$$

$$A_{34} = \frac{22 Q}{5 \cdot 3 \cdot 7} \cdot \frac{1}{2} = \frac{11 Q}{105} > 0$$

Может оказаться быть отрицательной, но такого у нас быть
не может. (при таких условиях). (Следует: 1) $C_{41} = \frac{5}{2} R$.)



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

^{с/2}
Усво, что давление газа в процессе 3-4 ~~зависит~~ ~~зависит~~ от объема газа, как $p(V) = \alpha V$, где α - некоторый коэффициент, ~~не~~ тогда работа 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 $pV = \nu R T$, где ν - кол-во газа, а T - его температура, но $\alpha V^2 = \nu R T$ и соответственно если при V_1 и V_2 темп. газа в процессе 3-4 равны T_1 и T_2 , то:

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

И.е. если кол-во степеней свободы газа равно i , то ~~когда~~ кол-во подведенной теплоты к газу на участке от V_1 до V_2 в процессе 3-4 по первому закону термодинамики равно:

$$Q_{34} = C(T_2 - T_1) = A_{34} + \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2} (i+1)$$

$$6 = i+1 \Rightarrow i = 5$$

Рассмотрим процесс 4-1, работа газа в нем $A_{41} = p(V_1 - V_4) = \nu R (T_1 - T_4)$, а изменение внутренней энергии $\Delta U_{41} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_4) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_4)$, т.е. кол-во подведенной теплоты к газу в этом процессе равно по первому закону термодинамики:

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

И.е. молярная теплоемкость этого процесса $C_{41} = \frac{Q_{41}}{\nu (T_1 - T_4)} = \frac{7}{2} R$.

А так $T_4 = \frac{5}{2} T_1$, но $T_1 - T_4 < 0$ и $Q_{41} < 0$, т.е. теплоту от газа отво-



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!

23

Зная, что ток течет из диэлектрика, значит заряд конденсатора, равная $\frac{q}{\epsilon}$, то её площадь также, что и площадь S пластин конденсатора. Тогда заряд на верхней пластине конденсатора равен q , на нижней он равен $-q$, и тогда напряжение на конденсаторе, U_c которое также равно напряжению источника, равно:

$$U_c = U_0 = \frac{q}{\epsilon S} \cdot (d-x) + \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S} \cdot x = \frac{q(\epsilon(d-x) + x)}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

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

Тогда напряженность эл. поля в воздушном зазоре $E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$ зависит от x , как:

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

Уз графика в условии при $x_1 = 0$ мм, $E_1 = 2 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, а при $x_2 = 8$ мм,

$$E = E_2 = 4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}, \text{ т.е.}$$

$$E_1 = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d} = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E_1 d = 2000 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot \frac{12}{1000} \text{ м} = 24 \text{ В}$$

А также:

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

$$\epsilon U_0 - E_2 \epsilon x_2 = E_2 x_2$$

$$\left| \epsilon = \frac{4000 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{24 \text{ В} - 4000 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = \frac{32}{8} = 4. \text{ Ответ: } U_0 = 24 \text{ В}; 2) \epsilon = 4.$$



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!

Дано, что так как за время выключения ток в катушке линейно возрастает от 0 до I , то скорость возрастания тока ~~постоянна~~ постоянна и равна ~~$\dot{I}_0 = \frac{I}{T}$~~ $\dot{I}_0 = \frac{I}{T}$, т.е. скорость возрастания тока ~~с~~ через время $\frac{T}{2}$ от начала выключения тока также равна $\dot{I}_0$. Так как во время выключения тока ~~ток~~ ток в катушке I зависит от времени t с начала выключения, то ~~до конца выключения~~, как $I(t) = \frac{I_1 t}{T}$, то заряд q_1 , протекающий через резистор за промежуток времени от ~~начала~~ ^{начала выключения} до конца, 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 выключения поля, ~~заряд~~ ^{протекший} от некоторой точки цепи до неё же, складывая по пути напряжения на элементах цепи, а так как разность потенциалов ^{разность} начальной и конечной точки всегда равна нулю, то:

$$L \dot{I} + R I = 0 \quad \left| \begin{array}{l} \text{где } I - \text{ток в катушке, а } \dot{I} - \text{скорость изменения тока в} \\ \text{катушке в этот момент, когда ток в катушке равен } I \end{array} \right.$$

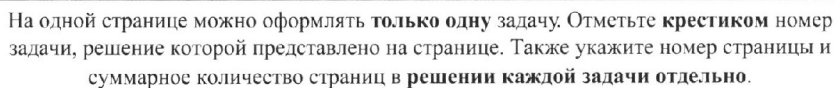
$$L \frac{dI}{dt} + R I = 0$$

$$\sum_{\text{нач}}^{\text{кон}} (L dI + R dq = 0) \quad \left| \begin{array}{l} \text{проинтегрируем от начала, когда ток в катушке } I, \text{ до} \\ \text{конца, когда ток в катушке } 0 \end{array} \right.$$

$$L(0 - I_1) + R(q_2 - 0) = 0$$

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

где q_2 - заряд, прошедший через резистор за время, пока ток в катушке падает от I_1 до 0 при выключении поля. Тогда заряд q_1 , протекающий через резистор от момента начала выключения поля до момента, когда ток через резистор станет нулевым, равен:



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!**

[illegible]

$\varphi_0 = 130^\circ$ и $\varphi_1 = 170^\circ$ — нормальные углы между векторами норм $\varphi_i \in L^+$, то

$\varphi_0 \in \mathcal{P}_1$ и комбинаторический $L = \frac{\text{BonS}_1}{\mathfrak{A}_1}$

$$q = \pm_1 \left(\frac{I}{2} + \frac{B_0 n S_1}{R I_1} \right) = \frac{B_0 n S_1}{R} + \frac{\pm_1 I}{2}$$

(Aufgaben: 1) $\vec{f}_0 = \frac{\vec{f}_1}{T}$; 2) $q = \frac{B_{\text{ons}_1}}{R} + \frac{f_1 T}{2}$; 3) $L = \frac{B_{\text{ons}_1}}{f_1}$.



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!

$$\left| \frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0}{4\pi a_1^2 \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_0}{4\pi a_2^2}} = \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2 = \left(\frac{18}{12} \right)^2 = \left(\frac{3}{2} \right)^2 = \frac{9}{4} = 2,25.$$

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.

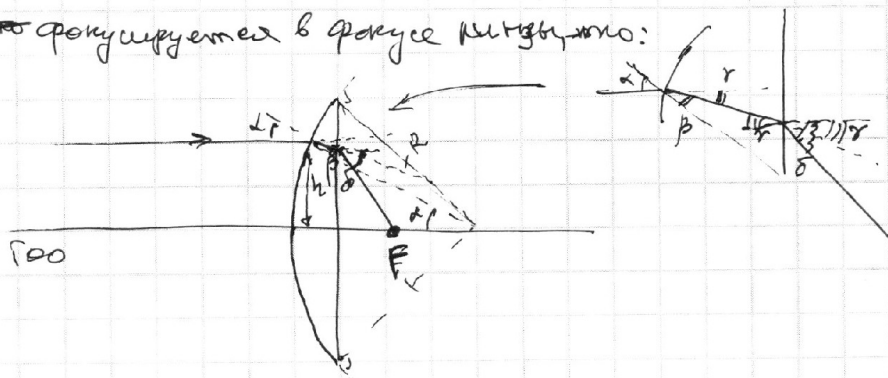
1
☐2
☐3
☐4
☐5
☒6
☐7
☐

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 плоскопараллельную тонкую линзу с радиусом кривизны R и показателем преломления n . Тогда луч, падающий на линзу параллельно главной оптической оси, он ~~фокусируется~~ фокусируется в фокусе линзы, то:



Тогда луч, параллельный ГОО, ~~пересекает~~ пересекает ее в расхождении $h \ll R$ от нее, тогда $\sin \alpha \approx \alpha = \frac{h}{R}$ и по закону Снеллиуса:

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

Т.е. $\gamma = \alpha - \beta = \alpha \frac{(n-1)}{n}$ и соответственно по закону Снеллиуса:

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

А так как линза тонкая, то все лучи ~~идут~~ параллельны ее средине ~~на~~ всего R и соответственно:

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

А так, что так ~~то~~ радиус кривизны R зависит от направления

и миним, то $R(u) = R_0 + \kappa u$, где κ — некоторый коэф.,

а R_0 — радиус кривизны при $u=0$. Заменим формулу тонкой линзы для случая $u \ll u_0$, тогда:



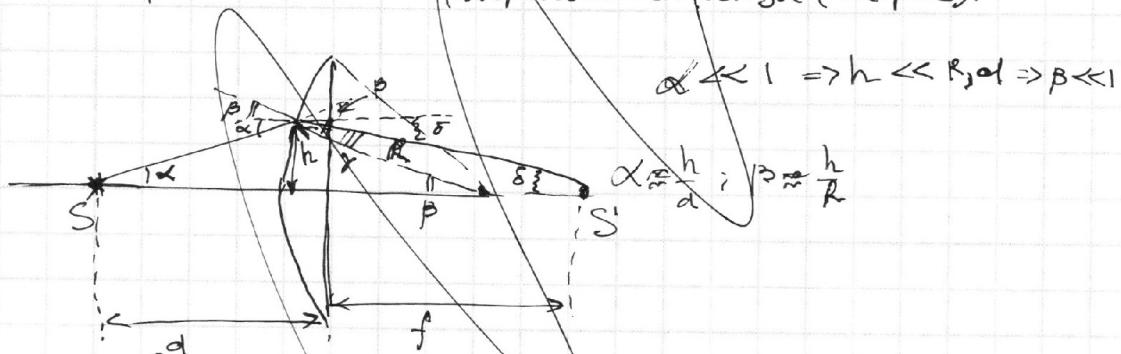
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
__ 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 плоскопараллельную линзу с показателем преломления n и радиусом кривизмы R , а именно рассмотрим то, как ~~какая~~ ~~линза~~ линза падает свет под малым углом от источника S , находящегося на расстоянии d от поверхности линзы (см. рис.):



$$\alpha \ll 1 \Rightarrow h \ll R, d \Rightarrow \beta \ll 1$$

$$\alpha \approx \frac{h}{d}; \beta \approx \frac{h}{R}$$

Поскольку по закону Снеллиуса ~~(~~д~~)~~ $\sin(\alpha + \beta) = \sin \delta \cdot n$;

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

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

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

Тогда изображение S' формируется на расстоянии f , равном:

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

Тогда ~~формула~~ по формуле тонкой линзы:

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

Терминал



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 так в процессе 1-2 состояния газа $p = \beta V$, где β - некоторый коэффициент, то:

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_2}{V_1}$$

Поэтому:

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{p_1 V_1}{p_1} = V_1$$

$$\frac{T_3 \cdot 5V_1}{2p_1 V_1} = \frac{T_2 \cdot V_1}{p_1 V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{5}{2} T_3$$

и тогда:

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

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

и тогда:

$$A_{34} = \frac{\nu R (T_4 - T_3)}{2} = \frac{\nu R}{2} \left(\frac{5}{2} T_3 - T_3 \right) = \frac{\nu R}{2} \left(\frac{3}{2} T_3 \right)$$

$$A_{34} = \frac{\nu R}{2} \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{4Q}{15\nu R} + \frac{5}{2} \cdot \frac{4Q}{21\nu R} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{4Q}{15} + \frac{10Q}{21} \right) = \frac{22Q}{2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7} = \frac{11Q}{105}$$

А так же в процессе 1-2 состоят с процессом 3-4, то:

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

$$A_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{2Q}{3} - \frac{4Q}{21} \right) = \frac{10Q}{2 \cdot 21} = \frac{5Q}{21}$$

Тогда суммарная работа газа за цикл ~~равна~~ равна:

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = \frac{5Q}{21} + 0 + \frac{11Q}{105} - \frac{2Q}{7} = \frac{4Q}{21 \cdot 5} - \frac{2Q}{7}$$

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

Черновик

$$\frac{3}{2} T_1 = \frac{5}{2} T_3$$

$$21 T_1 = 10 T_3$$

$$T_3 = \frac{21 T_1}{15}$$

$$T_3 = \frac{21 T_1}{15} < 2 T_1$$

$$\frac{25 T_1}{2}$$