МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Рыбаков Алексей Александрович**

Класс: 11

Технический балл: ~~**87**~~

Оценка изменена по апелляции. Новая оценка – 89.

Дата проведения: **27 февраля 2021 года**

ШИФР РАБОТЫ 4395450

	1	2	3	4	∑
Вопрос	*6*	*8*	*5*	*8*	*87*
Задача	*15*	*15*	*15*	*15*	

Оценка изменена по апелляции. Новая оценка - 89

Листовик (1)

1.10.2

Задача

Дано:

$M = 0{,}72$ кг

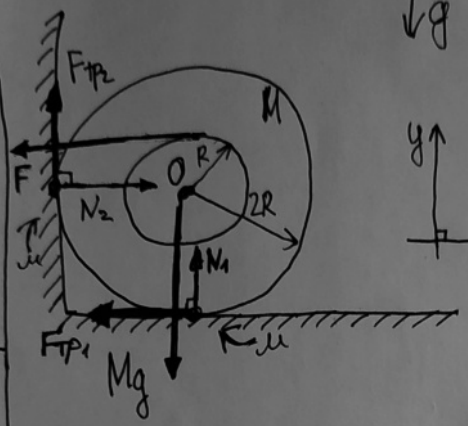
$R, 2R$

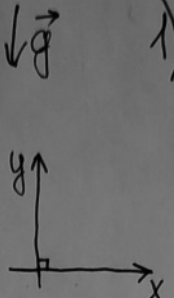
$\mu = 0{,}2$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

Найти: $F_{min} = ?$

Решение:





1) Рассмотрим тот момент, при котором катушка ещё неподвижна.

По второму закону Ньютона: (в проекциях на оси)

y: $F_{тр2} + N_1 - Mg = 0 \Leftrightarrow F_{тр2} + N_1 = Mg$

x: $N_2 - F - F_{тр1} = 0 \Leftrightarrow F_{тр1} + F = N_2$

2) Рассмотрим систему [redacted] при такой силе $F = F_{min}$, когда вращение „вот-вот" начнётся. Центр катушки неподвижен. Так как у стенки и пола есть проскальзывание, то $F_{тр.} = F_{тр.скольж.}$

По закону Кулона-Амонтона: $F_{тр} \le \mu N \Rightarrow F_{тр1} = \mu N_1$. Подставим $F_{тр2} = \mu N_2$

$$\begin{cases} \mu N_1 + F = N_2 \\ \mu N_2 + N_1 = Mg \end{cases}$$ – система из двух уравнений с двумя неизвестными

подставим N_2: $\mu(\mu N_1 + F) + N_1 = Mg$

$\mu^2 N_1 + \mu F + N_1 = Mg$

$N_1(\mu^2 + 1) = Mg - \mu F$

$$N_1 = \frac{Mg - \mu F}{\mu^2 + 1}$$

$$\mu \cdot \left(\frac{Mg - \mu F}{\mu^2 + 1}\right) + F = N_2 = \frac{\mu Mg - \mu^2 F + \mu^2 F + F}{\mu^2 + 1}$$

$$N_2 = \frac{\mu Mg + F}{\mu^2 + 1}$$

Чистовик (2)

(продолжение задачи 1.10.2):

3) Воспользуемся правилом моментов.

~~Система~~ (а шпилька не вращается) неподвижна, пока $M_2 = M_Т$. Значит вращение катушка начнётся, когда $M_Ś \geq M_Т$.

Пусть О - полюс, тогда: $M_Ś = F \cdot R$

$M_Т = F_{тр2} \cdot 2R + F_{тр1} \cdot 2R$

Заметим, что $M_{mg} = M_{N_1} = M_{N_2} = 0$

То есть $F \cdot R \geq 2R \cdot \mu(N_1 + N_2)$

(подставили $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$ и вынесли μ за скобку.)

Значит $F \geq 2\mu(N_1 + N_2)$ – тогда и будет вращение.

4) $F \geq 2\mu \cdot \left(\frac{Mg - \mu F}{\mu^2+1} + \frac{\mu Mg + F}{\mu^2+1}\right) \quad | \cdot (\mu^2+1) > 0$

$F(\mu^2+1) \geq 2\mu((\mu+1)Mg - \mu F + F)$

$F(\mu^2+1) \geq 2\mu Mg(\mu+1) - 2\mu^2 F + 2\mu F$

$\mu^2 F + F + 2\mu^2 F - 2\mu F \geq 2\mu Mg(\mu+1)$

$F(3\mu^2 - 2\mu + 1) \geq 2\mu Mg(\mu+1) \quad | : (3\mu^2 - 2\mu + 1) > 0$

$\boxed{F \geq \frac{2\mu Mg(\mu+1)}{3\mu^2 - 2\mu + 1}}$ – значит $F = F_{min} = \frac{2\mu Mg(\mu+1)}{3\mu^2 - 2\mu + 1}$

5) $F_{min} = \frac{2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}72 \cdot 10 \cdot 1{,}2}{3 \cdot 0{,}04 - 2 \cdot 0{,}2 + 1} = \frac{0{,}4 \cdot 7{,}2 \cdot 1{,}2}{0{,}12 - 0{,}4 + 1} = \frac{7{,}2 \cdot 0{,}48}{1{,}12 - 0{,}4} = \frac{7{,}2 \cdot 0{,}48}{0{,}72} =$

$= \frac{0{,}48 \cdot 10}{1} = 4{,}8$ Н

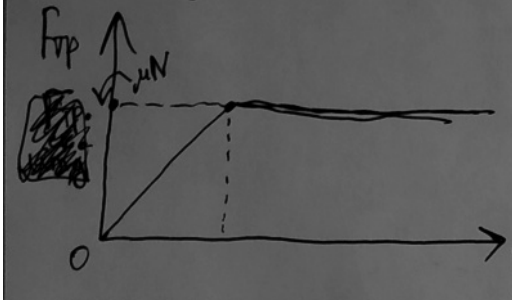
Ответ: 4,8 Н

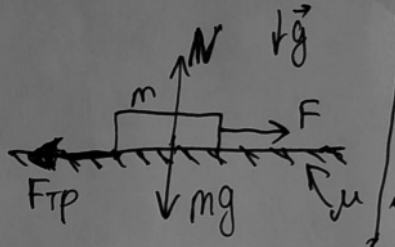
Листовик (3)

1.10.2 Ответ на вопрос:

Сила трения – сила сопротивления, возникающая от трения двух плоскостей (объекта и поверхности) и направленная против относительной скорости (или возможной скорости).

По закону Кулона-Амонтона $F_{тр} \leq \mu N$ (N – сила нормальной реакции опоры от этой поверхности)





Рассмотрим на данной модели зависимость $F_{тр}$ от F.

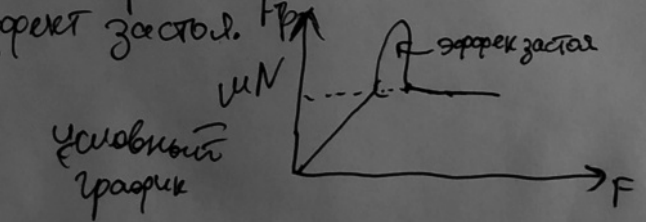
• Пока „m" неподвижен, на него действует $F_{тр.} = F_{тр.\,покоя}$, равная $F_{тр} \leq \mu N$.

• Когда „m" имеет относительную ненулевую скорость относительно поверхности, на него действует $F_{тр.} = \mu N$.

Коэффициент трения μ – определённая безразмерная характеристика зависимости силы трения $F_{тр.}$ от N между двумя поверхностями.

$\mu = \frac{F_{тр.}}{N}$, где $F_{тр}$ – максимальная возможная сила трения (когда $\vec{v}_{отн} \neq \vec{0}$).

P.S.: в реальной жизни (не в рамках модели) может наблюдаться эффект застоя.



Чистовик (4)

2.4.1. Задача.

Дано:

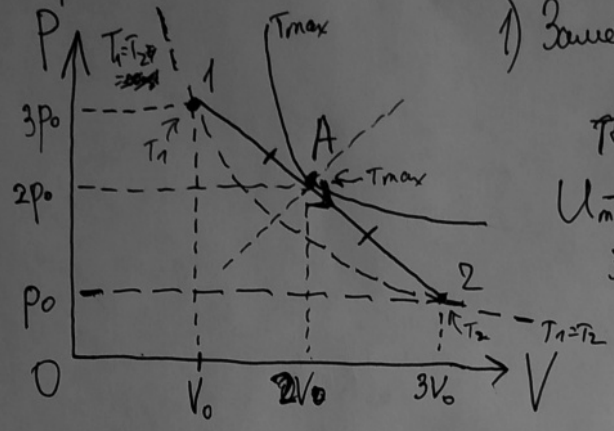
$p_0 = 5 \cdot 10^4$ Па

$V_0 = 0{,}1$ м^3

$i = 3$

Найти: U_{max} = ?

Решение:



1) Заметим, что $U = \frac{i}{2}\nu RT$.

Т.к. аргон – одноатомный газ, то $U = \frac{3}{2}\nu RT$

$U_{max} = \frac{3}{2}\nu R T_{max}$ – max. внутр. энергия соответствует max. температуре.

2) Заметим, что точки 1 и 2 принадлежат одной изотерме: действительно, $3p_0 \cdot V_0 = p_0 \cdot 3V_0$. По закону, обратному Бойля – Мариотта, они лежат на одной изотерме ($pV = const$). На графике наблюдается симметрия.

3) Найдём состояние, при котором $T = T_{max}$. Тогда изотерма в pV-координатах коснётся этого графика. Из симметрии T_{max} будет соответствовать середине ~~прямой~~ отрезка 1-2 – именно в середине коснётся изотерма. То есть в точке A:

$$\left(\frac{3V_0 + V_0}{2}; \frac{3p_0 + p_0}{2}\right) = (2V_0; 2p_0)$$

4) $U_{max} = \frac{3}{2}\nu R T_{max}$. По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$2p_0 \cdot 2V_0 = \nu R \cdot T_{max} \Rightarrow \nu R T_{max} = 4p_0V_0$. Подставим в U_{max}, тогда:

$$U_{max} = \frac{3}{2} \cdot 4p_0V_0 = \underline{6p_0V_0}$$

5) $U_{max} = 6 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0{,}1 = 3 \cdot 10^4$ Дж $= 30$ кДж.

Ответ: 30 кДж.

Листовик (5)

2.4.1 Ответ на вопрос

Внутренняя энергия - сумма всех кинетических и потенциальных энергий молекул системы. Но в рамках модели задач используется идеальный газ, в котором взаимодействием молекул и их размерами можно пренебречь. Таким образом, внутренняя энергия термодинамической системы - сумма всех кинетических энергий входящих в неё молекул.

Экспериментальным путём было найдено, что энергия одной молекулы $E = \frac{3}{2}kT$, где T - температура, k - постоянная Больцмана, равная $1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$

Пусть в ~~системе~~ идеальном газе входит N молекул, тогда:

$$U = N \cdot E = N \cdot \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \cdot \frac{N}{N_a} \cdot k \cdot N_a \cdot T.$$

N_a - постоянная Авогадро, $N_a = 6{,}022 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$.

$\cdot \frac{N}{N_a} = \nu$ - по определению.

$\cdot k N_a = R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$ - универсальная газовая постоянная.

Таким образом $U = \frac{3}{2}\nu RT$ - внутренняя энергия одноатомного газа.

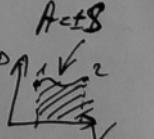
Для идеального газа $U = \frac{i}{2}\nu RT$, i - кол-во степеней свободы - возможного направления поступательных и вращательных движений

По первому началу (или закону) термодинамики:

$Q = \Delta U + A$, где $\cdot Q$ - подведённая теплота к газу.

$\cdot \Delta U$ - изменение внутр. эн-ии, $U_2 - U_1$

$\cdot A$ - работа газа. $A = \int_{V_1}^{V_2} p(V)\,dV$ · Sподгр. $p(V)$



Значит чтобы изменить U, можно:

1) ~~Нагреть~~ Изменить температуру ($U = \frac{i}{2}\nu RT$), $\nu R = const$.
2) Подвести/отвести теплоту Q.
3) A - совершить работу ($A = A_{газа} = -A_{над\,газом}$ если процесс квазистатический, т.е. равновесный.)

Листовик (6)

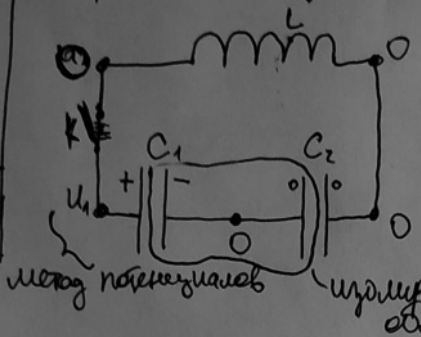
3.6.2 Задача

Дано:
$C_1 = 10^{-5}$ Ф
$C_2 = 2 \cdot 10^{-6}$ Ф
$U_{2max} = 364$ В

Найти: U_1 = ?

Решение:

1) Рассмотрим цепь в самом начале, до замыкания ключа K:



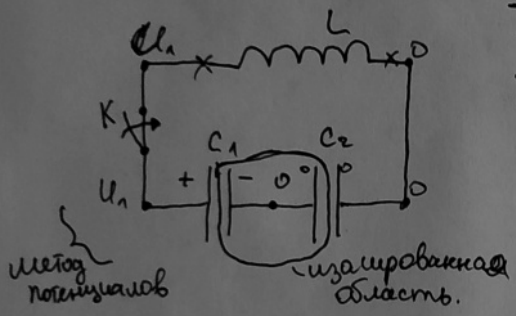
Цепь находится в установленном (стационарном) режиме. То есть
- $U_L = 0$ (U на катушке индуктивности)
- $I_{C_1} = I_{C_2} = 0$

Тока в цепи нет. $\Rightarrow I_L = 0$

конденсатор C_1 заряжен до U_1 — полярность такая.

C_2 – разряжен

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа K:

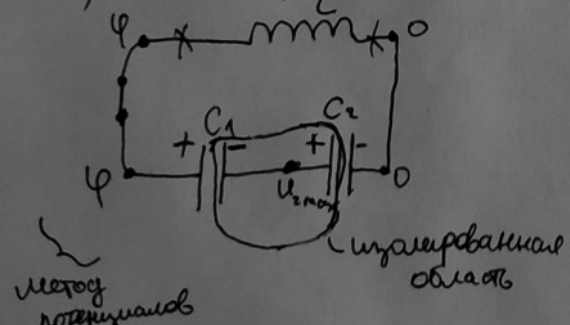


I_L, U_{C_1}, U_{C_2} скачком не по меняется.

Поэтому $I_L = 0$, значит тока в цепи всё также нет.

Энергия $W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2}$ (C_2 разряжен, тока через L нет)

3) Рассмотрим цепь при U_{2max}:



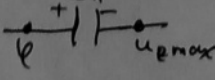
Заметим, что это амплитудное напряжение на C_2.

$q^* = C_2 \cdot U_{2max}$

$q'_t = \frac{\Delta q^*}{\Delta t} = I^* = C_2 U'_{2max}$.

Но так как U_{2max} – max. значение, то производная равна 0.

Значит $I = 0$ – тока через C_2 нет, то есть тока в цепи нет, значит $I_L = 0 \Rightarrow W_L = 0$

Пусть полярность такая, как на рисунке. Обозначим потенциалы справа от C_1 за φ: 

Чистовик (7)

(продолжение 3.6.2):

4) По закону сохранения заряда:

$$-C_1(\varphi - U_{2max}) + C_2 U_{2max} = -C_1 U_1$$

$$C_1 U_{2max} - C_1\varphi + C_2 U_{2max} + C_1 U_1 = 0$$

$$U_{2max}(C_1 + C_2) + C_1 U_1 = C_1\varphi$$

То есть $\varphi = \dfrac{U_{2max}(C_1+C_2) + C_1 U_1}{C_1}$

Тогда энергия $W_2 = \dfrac{C_1(\varphi - U_{2max})^2}{2} + \dfrac{C_2 U_{2max}^2}{2}$ $(W_1 = 0)$.

Здесь неважно, какая полярность, т.к. берётся квадрат значения.

$$(\varphi - U_{2max})^2 = \frac{U_{2max}\cdot C_1 + U_{2max}\cdot C_2 + C_1 U_1 - C_1 U_{2max}}{C_1} = \frac{C_2 U_{2max} + C_1 U_1}{C_1}$$

5) По закону сохранения энергии: $A_б = Q + W_2 - W_1$.

Батарейки нет $\Rightarrow A_б = 0$

Q нет, т.к. нет резисторов.

Значит $W_1 = W_2 \iff \dfrac{C_1 U_1^2}{2} = \dfrac{C_1\left(\frac{C_2 U_{2max} + C_1 U_1}{C_1}\right)^2}{2} + \dfrac{C_2 U_{2max}^2}{2}$

уравнение с одной неизвестной U_1 $\Rightarrow$ найдём.

$$C_1 U_1^2 = \left(\frac{C_2}{C_1} U_{2max} + U_1\right)^2 \cdot C_1 + C_2 U_{2max}^2$$

Для упрощения в вычислениях подставим значения

$$10^{-5}\Phi \cdot U_1^2 = \left(\frac{10^{-5}\Phi}{10^{-5}\Phi}\cdot 36{,}4\text{В} + U_1\right)\cdot 10^{-5}\Phi + 10^{-5}\Phi \cdot 36{,}4\text{В}^2 \quad \left(\cdot \frac{10^5}{\Phi}\right)$$

$$U_1^2 = (36{,}4\text{В} + U_1)^2 + 36{,}4\text{В}\cdot 36{,}4\text{В}$$

$$U_1^2 = 36{,}4^2\text{В}^2 + 72{,}8\,U_1 + U_1^2 + 36{,}4\text{В}\cdot 36{,}4\text{В}$$

$$U_1 = \frac{36{,}4^2 + 36{,}4^2}{72{,}8}\text{В} = 36{,}4\text{В}$$

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА (12)

Чистовик (8)

3.6.2 Ответ на вопрос:

Явление самоиндукции состоит в том, что переменный ток приводит к переменному магнитному ~~полю~~, полю, что в свою очередь приводит к переменному электрическому полю. Отсюда и название „самоиндукция".

Индуктивность – коэффициент самоиндукции. $[L] = Гн$.

В контуре $L = \frac{\Phi}{I}$, где Φ – магнитный поток внутри контура, $[\Phi] = Вб$

I – сила тока в данный момент через L.

~~Переменное электрическое поле приводит к изменению~~ Характеристики

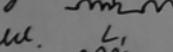
Переменное магнитное поле приводит к изменению характеристики Φ магнитного поля. Переменное электрическое – к I. L – постоянная величина для одного элемента индуктивности.

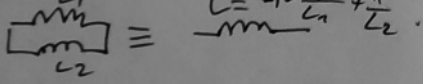
~~$\Phi' = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$~~ $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'$ (изменение Φ приводит к изменению $\mathcal{E}$ самоиндукции)

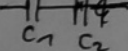
$\Phi = LI$, $\Phi' = \mathcal{E} = LI' \Rightarrow$ если $I = I_{max}$, то $\mathcal{E} = 0$ (для какого-либо элемента L).

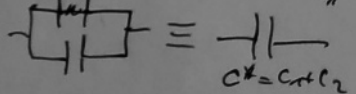
Период колебаний

В контуре по формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$, где $\sqrt{LC} = \frac{1}{\omega}$ $(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}})$.

L^* – эквивалентное для вах L; последов.  $L^* = L_1 + L_2$

параллел.  $L^* = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$.

C^* – эквивалентное для вах C: последов.  $C^* = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$

параллел.  $C^* = C_1 + C_2$

Тестовик (9)

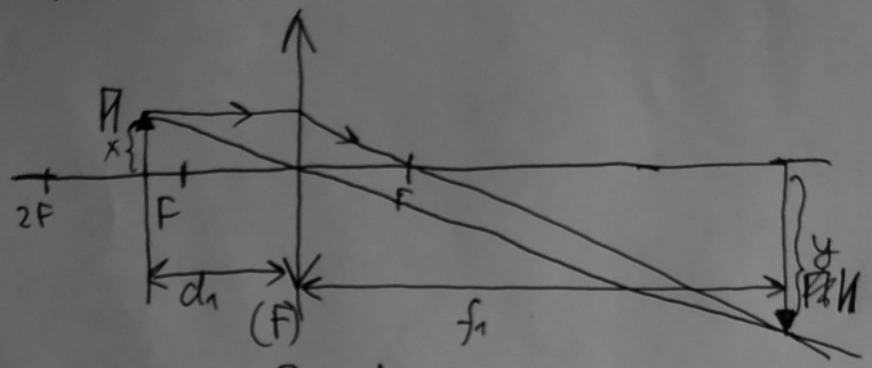
4.10.1

Дано:
$k=5$
$n=2$
$L=1$ см

Найти: $F=?$

Решение:

1) Рассмотрим первое изображение, полученное в собирающей линзе от П. И: изобр. действительное ⇒ перевёрнутое. $k=5$ ⇒ увеличенное ⇒ П между $2F$ и F.



Пусть d_1 – расстояние от П (предмета) до Л (линзы).

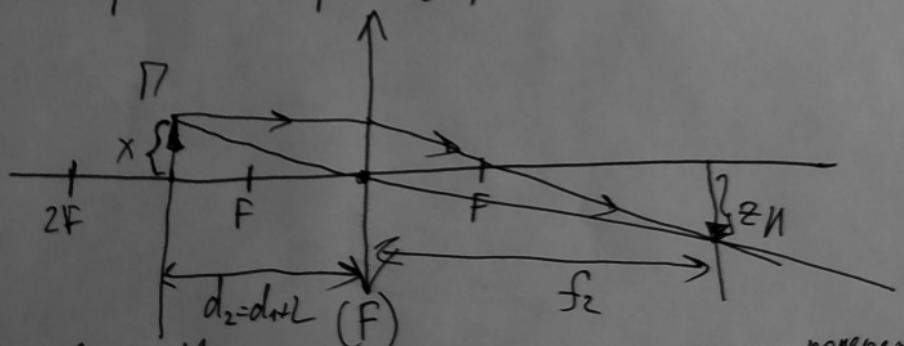
$k=\frac{y}{x}$, из подобия $k=\frac{f_1}{d_1} \Rightarrow f_1=kd_1=5d_1$.

По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{1}{d_1}+\frac{1}{5d_1}=\frac{1}{F}$

$\frac{6}{5d_1}=\frac{1}{F}$

$d_1=\frac{6F}{5}$

2) Рассмотрим второе изображение:



По условию И около в 2 раза меньше ⇒ Γ_2 (поперечное увеличение) $=$

$=\frac{z}{x}=\frac{k}{n}=\frac{5}{2} \Rightarrow$ ~~$x=\frac{5}{2}$~~ $\frac{z}{x}\to\frac{5}{2}=\frac{f_2}{d_2} \Rightarrow f_2=\frac{5}{2}d_2=\frac{5}{2}(d_1+L)$

Листовик (10)

Продолжение 4.10.1

Изображение всё такое увеличенное $\Rightarrow \Gamma$ между $2F$ и F.

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$

$$\frac{1}{d_1+L} + \frac{1}{\frac{5}{2}(d_1+L)} = \frac{1}{F}$$

Заметим, что $d_1 = \frac{6}{5}F$. Тогда

$$\frac{1}{\frac{6}{5}F+L} + \frac{2}{5\left(\frac{6}{5}F+L\right)} = \frac{1}{F} \quad \left(\cdot\left(\frac{6}{5}F+L\right)\right)$$ — ур-е с одной неизвестной.

$$1 + \frac{2}{5} = \frac{\frac{6}{5}F+L}{F} \quad | \cdot F$$

$$\frac{7}{5}F = \frac{6}{5}F + L$$

$$\frac{F}{5} = L \Rightarrow \underline{F = 5L} = 5 \cdot 1\text{см} = \underline{5\text{см}}$$

Ответ: 5см.

Ответ на вопрос:

Формула тонкой линзы: $\pm\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm\frac{1}{F}$.

1) $+\frac{1}{d}$, если предмет - действительный, то есть от него идёт расходящийся пучок лучей на линзу.
   $-\frac{1}{d}$ - если мнимый, то есть сходящийся.
2) $+\frac{1}{f}$, если изображение - действительное, то есть на изобр. падает сходящийся пучок лучей.
   $-\frac{1}{f}$, если расход.
3) $+\frac{1}{F}$, если линза собирающая.
   $-\frac{1}{F}$, если рассеивающая.

Для рассеивающей и собирающей линзы верно

$\Gamma = \frac{y}{x}$ - поперечное увеличение. Из подобия всегда $\Gamma = \frac{f}{d}$.

Листовик (11) (если II-действ.)

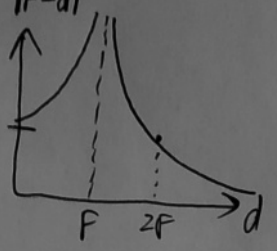
• Также для рассеивающей Л: $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f} = \frac{F+d}{Fd}$

$$f = \frac{Fd}{F+d}$$

Тогда $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{d}{F+d}$.

• Для собир. Л: $\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{Fd}{|F-d|}$

График $f^{\Gamma}(d)$ для (I):



В общем виде формула оптической силы (тонкой линзы):

$$D = \left(\frac{n_{линзы}}{n_{среды}} - 1\right)\left(\pm\frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2}\right),$$ где $+\frac{1}{R_i}$, если выпуклая часть сферы, $-\frac{1}{R_i}$, если вогнутая часть сферы.

Если $D > 0$, то Л – собир.

Если $D < 0$, то Л – рассеив.

Также есть продольное увеличение отрезка AB, для которого верно $\beta = \Gamma_A \cdot \Gamma_B$.

Частный (12)

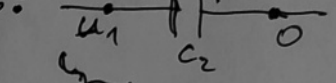
(продолжение задачи 3.6.2):

То есть $C_1 U_1^2 = \left(\frac{C_2}{C_1} U_{2max} + U_1\right)^2 \cdot C_1 + C_2 U_{2max}^2$ | : C_1

$U_1^2 = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 U_{2max}^2 + U_1^2 + 2 \cdot \frac{C_2}{C_1} U_{2max} \cdot U_1 + \frac{C_2}{C_1} \cdot U_{2max}^2$ | : U_{2max}

$$-\left(\left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \frac{C_2}{C_1}\right) U_{2max} = 2 \cdot \frac{C_2}{C_1} U_1$$

Т.к. U_1 здесь получается <0, то это значит, что полярность у конденсатора C_2 другая. ~~Полярность~~ ~~знак~~. Истинная полярность:



$(U_1 < 0)$

метод потенциалов

Тогда напряжение на конденсаторе $C_2 = |U_2 - 0| = |U_2| =$

$$= \left| \frac{\left(\left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{C_2}{C_1}\right)\right) U_{2max} \cdot C_1}{2 \cdot C_2} \right|$$

б) $$\frac{\left(\left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{C_2}{C_1}\right)\right) U_{2max} \cdot C_1}{2C_2} = \frac{\left(\left(\frac{10^{-6}}{10^{-5}}\right)^2 + \frac{10^{-6}}{10^{-5}}\right) \cdot 364 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-6}} =$$

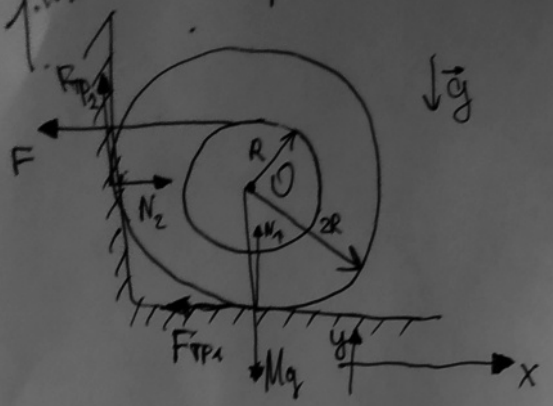
$$= \frac{(0{,}01 + 0{,}1) \cdot 364 \cdot 10}{2} = 5 \cdot 0{,}11 \cdot 364 = 364 \cdot 0{,}55 = \underline{200{,}2\,В}$$

Ответ: 200,2 В

4395450

Черновик 1

1.10.2



$M = 0{,}72$ кг

$R, 2R$

$F = ?$ (min)

$\mu = 0{,}2$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

Когда $M_G \geq M_Б$

$F_{тр} = F_{тр_{ск}}$.

$$\frac{p - p_0}{-2p_0} = \frac{V - 3V_0}{2V_0}$$

$2pV_0 - 2p_0V_0 = -2p_0V + 6p_0V_0$

$2pV_0 = 8p_0V_0 - 4p_0V$

$pV_0 = 4p_0V_0 - p_0V$

$p = 4p_0 - p_0\frac{V}{V_0}$

$p = p_0\left(4 - \frac{V}{V_0}\right)$

Рассмотрим тот момент, при котором M ещё покоится.

Тогда система в равновесии ⇒ все силы скомпенсированы, катушка неподвижна

$y: \; F_{тр_2} + N_1 = Mg$

$x: \; F_{тр_1} + F = N_2$

По з-ну Кулона-Амонтона $F_{тр} = \mu N$.

7,2

$F_{тр_2} = \mu N_2$

$F_{тр_1} = \mu N_1$

$\cancel{1{,}12 - 0{,}4 = 0{,}72}$

$1{,}12 - 0{,}4 = 0{,}72$

- $\mu N_2 + N_1 = Mg$
- $\mu N_1 + F = N_2$

$\mu(\mu N_1 + F) + N_1 = Mg$

$N_1(\mu^2 + 1) + \mu F = Mg$

- $N_1 = \frac{Mg - \mu F}{\mu^2 + 1}$
- $N_2 = \frac{\mu(Mg - \mu F)}{\mu^2 + 1} + F = \frac{\mu Mg - \cancel{\mu^2 F} + \cancel{\mu^2 F} + F}{\mu^2 + 1} = \frac{\mu Mg + F}{\mu^2 + 1}$

$\mu^2 F + F \geq 2\mu(Mg(\mu+1) - F(\mu-1))$

$\mu^2 F + F \geq 2\mu Mg(\mu+1) - 2\mu F(\mu-1)$

$\mu^2 F + F \geq 2\mu Mg(\mu+1)$

$+ 2\mu^2 F - 2\mu F$

$F(\mu^2 + 1 + 2\mu^2 - 2\mu) \geq 2\mu Mg(\mu+1)$

$F(3\mu^2 - 2\mu + 1) \geq 2\mu Mg(\mu+1)$

$F \geq \frac{2\mu Mg(\mu+1)}{(3\mu^2 - 2\mu + 1)}$

$F \geq$

Правило моментов:

O-полюс:

$M_G = FR$

$M_Б = F_{тр_1} \cdot 2R + F_{тр_2} \cdot 2R$

$M_{Mg} = M_{N_2} - M_{N_1} = 0$

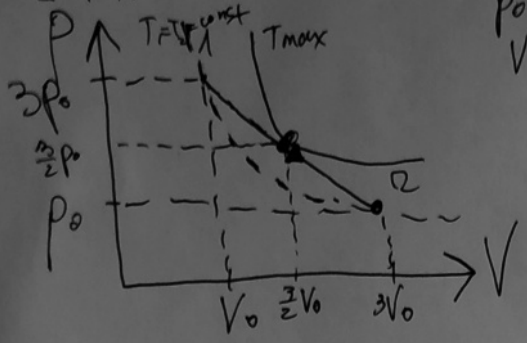
$\cancel{FR \geq \frac{\mu Mg - \mu F}{\mu^2 + 1} \cdot 2R}$

$FR \geq \mu 2R(N_1 + N_2)$

$F \geq 2\mu\left(\frac{Mg - \mu F + \mu Mg + F}{\mu^2 + 1}\right)$

Черновик 2

2.4.1.



$p_0=5\cdot10^4$ Па

$V_0=0{,}1$ м^3

$U_{max}=?$

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

$$(p-p_0)\cdot2V_0=(V-3V_0)\cdot(-2p_0)$$

$$\cancel{(p-p_0)\cdot2V_0=2V_0\cdot2p_0}$$

$$\cancel{p=3p_0}$$

$$(p-p_0)\cdot2V_0=(3V_0-V)\cdot2p_0$$

$$2pV_0-2p_0V_0=6p_0V_0-2p_0V$$

$$U=\frac{3}{2}\nu RT\Rightarrow U_{max}=\frac{3}{2}\nu RT_{max}$$

$R=$ Дж/моль·К.

$N_a=$

$$\begin{array}{r} 364 \\ \times\ 364 \\ \hline 1456 \\ 2184 \\ 1092 \\ \hline 13249{,}6 \end{array}$$

$$3p_0V_0=\nu RT_1$$

$$\frac{9}{4}p_0V_0=\nu RT_{max}$$

$$\cancel{T_{max}=\frac{9p_0V_0}{4\nu R}}$$

$$\cancel{\frac{9}{4\cdot3}=\frac{T_{max}}{T_1}}$$

$$U_{max}=\frac{3}{2}\nu RT_{max}=\frac{3}{2}\cdot\frac{9}{4}p_0V_0=\boxed{\frac{27}{8}p_0V_0}$$

$\Phi=LI \quad L=\frac{\Phi}{I}$

3.6.1. ~~Черновик 3~~

$C_1=10^{-5}\Phi$

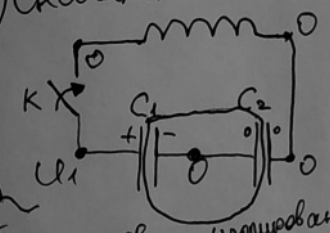
U_1

$C_2=10^{-6}\Phi$ (разряжен)

$U_{2max}=364$ В

$U_1=?$

1) Сначала:

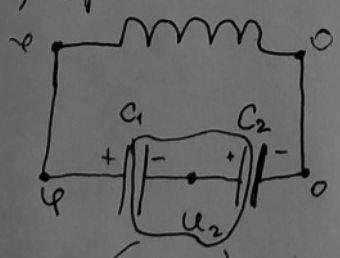


метод потенциалов

изолированная область

$$W_1=\frac{C_1U_1^2}{2}$$

2) При U_{2max}:



метод потенциалов

изолир. обл.

пусть полярность такая

Заметим, что в амплитуде U:

$q=CU$

$q'=\frac{\Delta q}{\Delta t}=I=CU'\Rightarrow$

$\Rightarrow I=0$

Значит тока нет

Значит $W_L=0$

$$U_2\cdot C_2-C_1(\varphi-U_2)=-C_1U_1$$

$$U_2C_2-C_1\varphi+C_1U_2=-C_1U_1$$

$$U_2C_2+U_2C_1+C_1U_1=C_1\varphi$$

$$\varphi=\frac{U_2(C_2+C_1)+C_1U_1}{C_1}$$

ЗСЭ:

$W_1=W_2$

$$W_2=\frac{C_2U_2^2}{2}+\frac{C_1(\varphi-U_2)^2}{2}$$

$W_2=W_1$ и находим U_1

Черновик 3

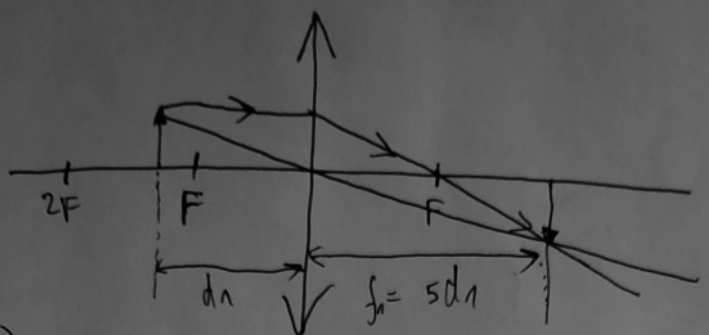
4.

$k=5$

действ. ⇒ перев.

$\Gamma=2$ раза

$F=?$



1) действ. ⇒ перев.. $k=5 \Rightarrow$ между 2F и F.

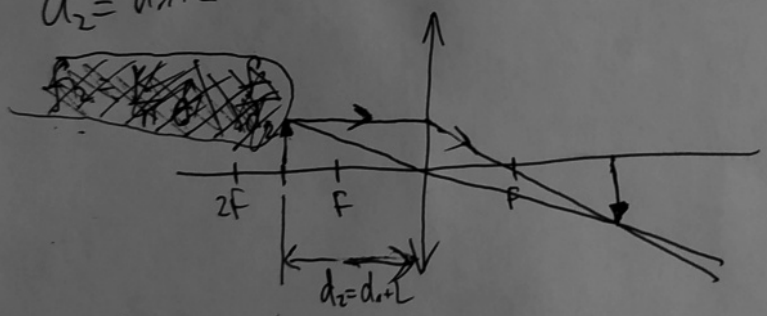
2) Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F}$.

$k=\frac{f}{d_1} \Rightarrow f_1=5d_1$ $\quad \frac{1}{d_1}+\frac{1}{5d_1}=\frac{1}{F}$

$\frac{5d_1+d_1}{5d_1}=\frac{1}{F}$

$F=\frac{5}{6}d_1$ $\quad d_1=\frac{6}{5}F$

3) $d_2=d_1+L$



$\frac{1}{d_2}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{F}$

$\Gamma_2=\frac{k}{n}=2{,}5 \Rightarrow f_2=2{,}5d_2$

$f_2=2{,}5(d_1+L)$

$\frac{1}{d_1}+\frac{1}{2{,}5(d_1+L)}=\frac{1}{F}$

$d_1=\frac{6}{5}F$

$\frac{1}{\frac{6}{5}F}+\frac{5}{2(\frac{6}{5}F+L)}=\frac{1}{F}$

$\frac{5}{6F}+\frac{5}{\frac{12}{5}F+2L}=\frac{1}{F}$

$\frac{12F+10L+30F}{6F(\frac{12}{5}F+2L)}=\frac{1}{F}$

$(42F+10L)\cdot F=\frac{72F^2}{5}+$

$42F+10L=\frac{72}{5}F+12L$

$\frac{42\cdot5-72}{5}F=2L$

Черновик 4

$$\begin{array}{r} \times 364 \\ 0,55 \\ \hline 1820 \\ 1820 \\ \hline 200,20 \end{array}$$

$$W_1 = \frac{C_1 u_1^2}{2}$$

$$W_2 = \frac{C_2 u_{2max}^2}{2} + \frac{C_1 (\varphi - u_{2max})^2}{2}$$

$$u_{2max} - \varphi = \cancel{u_{2max} - \varphi} = \frac{C_1 u_{2max} + C_2 u_{2max} + C_1 u_1 - \cancel{C_1 u_{2max}}}{C_1} - u_{2max}$$

$$\cancel{C_1 u_{2max} - C_1 u_{2max} - C_2 u_{2max}} -$$

$$u_{2max} - \varphi = \frac{C_1 u_{2max} - u_{2max} C_2 - \cancel{u_{2max} C_1 - C_1 u_1}}{\cancel{C_1}} =$$

$$= -\frac{C_1 u_1 - u_{2max} C_2}{C_1}$$

$$(\varphi - u_{2max})^2 = \left(\frac{C_1 u_1 + u_{2max} C_2}{C_1}\right)^2 = \left(u_1 + u_{2max}\frac{C_2}{C_1}\right)^2$$

$$C_1 u_1^2 = C_1\left(\frac{C_2}{C_1} u_{2max} + u_1\right)^2 \cdot C_1 + C_2 u_{2max}^2$$

$$\cancel{C_1 \; 10^{-5} \varphi \cdot u_1^2 = (C_2 C_1 u_{2max} + C_1 u_1)^2}$$

$$u_1^2 = \left(\frac{C_2}{C_1} u_{2max} + u_1\right)^2 + \frac{C_2}{C_1} u_{2max}^2$$

$$\cancel{u_1^2} = \left(\frac{C_2}{C_1} u_{2max}\right)^2 + \cancel{u_1^2} + 2 \cdot \frac{C_2}{C_1} u_{2max} \cdot u_1 + \frac{C_2}{C_1} u_{2max}^2$$

$$\left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 \cdot u_{2max} + 2 \cdot \frac{C_2}{C_1} u_1 + \frac{C_2}{C_1} u_{2max} = 0$$

$$u_{2max}\left(\left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{C_2}{C_1}\right)\right. = -\frac{2C_2}{C_1} u_1$$

$$\begin{array}{r} 364 \\ \times 0,55 \end{array}$$

$364 : 2 = 182$

$182 + 18,2 =$

$= \begin{array}{r} 182 \\ +18,2 \\ \hline 200,2 \end{array}$

$u_1 > 0 \quad u_{2max}$

$F = 5 \quad \frac{1}{30} + \frac{1}{6} = \frac{1}{5}$ ✓

$d_1 = 6$

$f = 30 \quad \frac{1}{5} + \frac{1}{7} = \frac{2}{35}$ ✓

$2,5 \cdot 7 = \frac{7 \cdot 5}{2} = \frac{35}{2}$

$\frac{1}{7} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{5}$

$\frac{1}{5} = \frac{1}{7} = \frac{2}{35}$