



77-20-15-48  
(65.27)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения \_\_\_\_\_  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по ФИЗИКЕ  
профиль олимпиады

ТЮНИНА СЕМЁНА СЕРГЕЕВИЧА  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» ФЕВРАЛЯ 2020 года

Подпись участника

65.24

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников «Ломоносов» Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова

ученика 11 класса «Физтех-лицея» имени П. Л. Капицы,

город Долгопрудный

Тюнина Семёна Сергеевича

апелляция.

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы (87) за мою работу заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что

В первой задаче в моём решении учтены все пункты из авторского решения данной задачи. Найдены скорости брусков после соударений. Найдены модулю скорости и указаны их направления. Описано движение каждого из брусков после соударения и до 2ой их встречи. Записаны соответствующие их уравнения. Получен ответ и произведены его вычисления численно с достаточной точностью в условиях отсутствия калькулятора. В ответах на теоретические вопросы раскрыта суть явлений и даны все определения в рамках школьной программы и определений из учебников (Г.Я. Мякишев Физика, Л. Э. Генденштейн, физика 11 класс, С.М. Козел физика 10-11 класс).

Во второй задаче в моём решении учтены все пункты из авторского решения данной задачи. Указано, что газ состоит из сухого воздуха и водяных паров, в неявном виде это учитывается в составленных уравнениях, ведь давление в конечном состоянии больше давления насыщенных паров, которое может быть не более 100000 Па при температура 100 градусов по Цельсию, и подразумевает двухкомпонентность этого газа. В формуле не учитывается изменение объема сосуда из-за сконденсировавшейся воды. Численные расчеты приведены с достаточной точностью, учитывая отсутствие калькулятора. На теоретические вопросы даны развернутые ответы, входящие в рамки определений из школьных учебников (Г.Я. Мякишев Физика, Л. Э. Генденштейн, физика 11 класс, С.М. Козел физика 10-11 класс).

В третьей задаче в моей решении написан закон электромагнитной индукции Фарадея. Расписано изменения потока, уравнение, выражающее напряженность вихревого поля. Показано, при каких условия картинка неподвижна, и указано при каких условиях достигается минимум  $B_0$ . Численный результат получен с хорошей точностью. В теоретической части задания сформулировано правило Ленца и закон электромагнитной индукции в соцветии со школьными учебниками (Г.Я. Мякишев Физика, Л. Э. Генденштейн, физика 11 класс, С.М. Козел физика 10-11 класс)

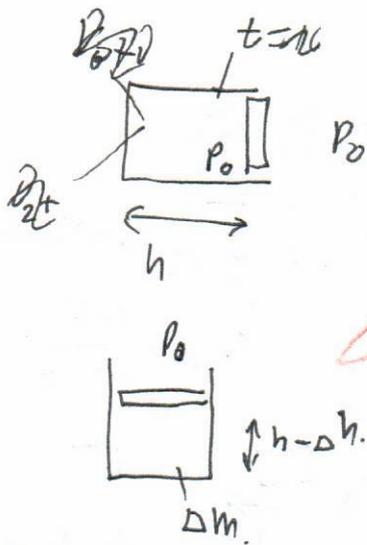
В четвертой задаче корректно применена формула тонкой линзы. Указано то, каким должно быть смещение линзы. Сделан подробный рисунок к задаче. Показаны все необходимые элементы для решения задачи. Теоретические вопросы содержат подробное описание терминов из вопроса (из учебников Г.Я. Мякишев Физика, Л. Э. Генденштейн, физика 11 класс, С.М. Козел физика 10-11 класс).

02.03.2020

  
В вышеуказанной оценке согласен.  
Всем ЕВ



12. ЧЕРНОВИК



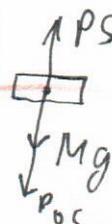
$t = 10^{\circ}\text{C}$   
 $h = 35 \text{ см.}$   
 $\Delta m = 0,1 \text{ кг.}$   
 $M = 10 \text{ кг.}$   
 $10^2 \cdot 10^{-4} = 10^{-2} = S = 100 \text{ см}^2 =$   
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$   
 $M = 18^2 \text{ мм.}$

$$\begin{array}{r} 373 \overline{) 18} \\ 36 \overline{) 23} \\ \underline{13} \quad 23 \\ \quad 27 \end{array}$$

Базис грав.  $p_0$ , т.к. конст. нагр.  $\frac{2}{2156}$

$p_0 S h = p_1 R t$

статив.



$p = p_0 + \frac{Mg}{S}$

$\frac{21600}{1000}$

$p S (h - \Delta h) = p_2 R t$

$p_1 - \Delta p = p_2 \Rightarrow p_2 = p_1 - \frac{\Delta m}{M}$

$p_1 = p_0 + \dots$

$\Delta p = \frac{\Delta m}{M}$

$p S h - p S h = p_1 R t - \frac{\Delta m}{M} R t$

$p S (h - \Delta h) - p_0 S h =$

$p_0 S h - p S (h - \Delta h) = \frac{\Delta m}{M} R t$

$p_0 S h - S(p_0 + \frac{Mg}{S})(h - \Delta h) = \frac{\Delta m}{M} R t$

$p_0 S h - (p_0 S h - p_0 S \Delta h + Mg h - Mg \Delta h) = \frac{\Delta m}{M} R t$

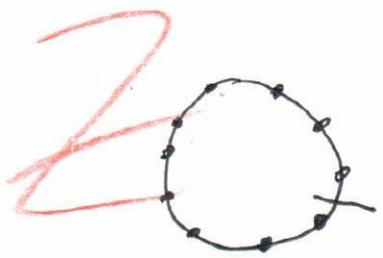
$Mg \Delta h + p_0 S \Delta h - Mg h = \frac{\Delta m}{M} R t$

$\Delta h (Mg + p_0 S) = \frac{\Delta m}{M} R t + Mg h$

$$\Delta h = \frac{\frac{\Delta m}{M} R t + Mg h}{Mg + p_0 S} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 373 - 100 \cdot 0,35}{100 + 10^5 \cdot 10^{-2}}$$

13. ЧЕРМОРИК

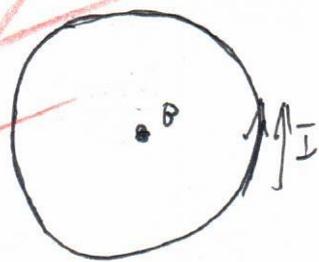
77-20-15-48  
(65.27)



$N=100$   
 $m=10^{-5}$  кг  
 $q=10^{-7}$  Кл  
 $\omega = \frac{v_{\text{качн}}}{R}$

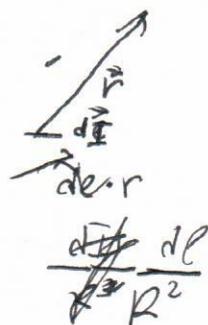
$\mathcal{E} = \frac{d\varphi}{dt}$        $\mathcal{B} = I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = -$

закон Био-Сав-Лам.



$$dB = \frac{I dl}{R^2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$B_0 = \frac{2\pi R I}{R^2 2 \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{I}{2R\mu_0}$$



$\Delta q = N_0 q$

масса

$N_0 = v \Delta t \cdot \frac{N}{2\pi R_k}$

$I = \frac{v N_0 q}{2\pi R_k} = \frac{N v_0 q}{2\pi}$

$v = \omega R_k$

Зеленый  $\tau = RC$ . Картирик. повенн. на  $\frac{2\pi}{N}$   
 $\varphi = \frac{q}{C}$        $\frac{2\pi}{100 N}$ , перенос в формуле от  $v$  до  $v_0$ .  
 $\varphi = \frac{2\pi q}{N}$       не погов.

$\frac{\omega}{h} \text{ сн } \omega \frac{I}{q h} = \frac{2\pi}{N} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi h}{N q}$

$\omega = \frac{2\pi h}{N}$

$B_0 = \frac{N \omega q}{4\pi R \mu_0} = \frac{N q}{4\pi R \mu_0} \cdot \frac{2\pi h}{N q} \frac{\varphi}{2 R \mu_0}$        $\omega = \frac{v}{R} = \frac{v_0}{2 N m} =$

$I = \omega q h$

$B_0 = \frac{q h}{2 \mu_0}$

$= \frac{2\pi h}{N}$

$\mathcal{B} dt = \frac{d\mathcal{B}}{dt} = \mathcal{E}$

$F dt = m N v$

$m N v = \frac{B_0 R}{2}$        $v_0 = \frac{B_0 R}{2 N m}$

$\mathcal{E} \cdot 2\pi R = 2\pi R q \mathcal{E} \cdot dt$

$\mathcal{E} dt = 2\pi R q \mathcal{E} dt = B_0 \cdot \pi R^2$

$2 F dt = B_0 R$        $F dt = \frac{B_0 R}{2}$

УЕРНОВИК

м

$F = 15 \text{ кН}$

$d = 30 \text{ см}$

$x =$

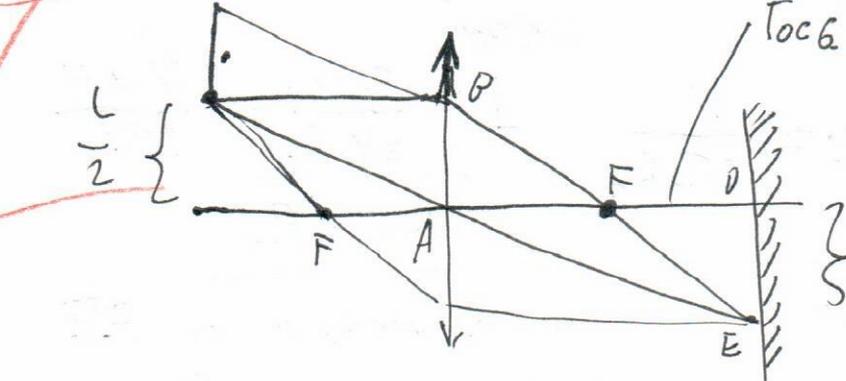
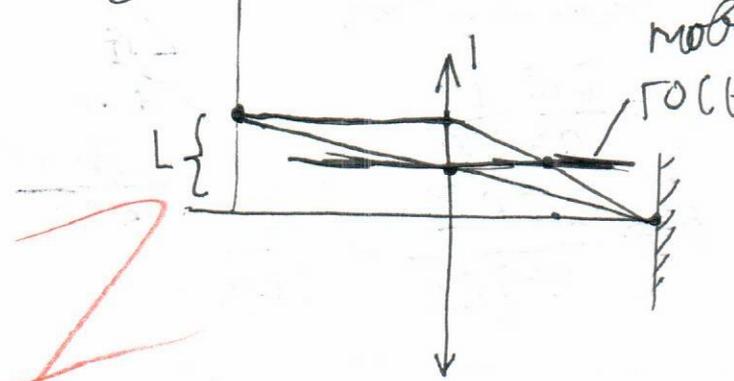
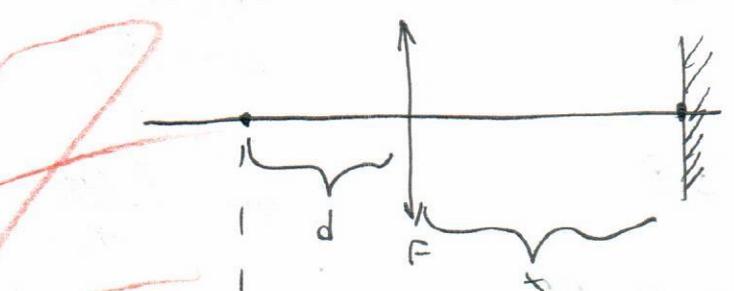
$\frac{1}{d} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F} \Rightarrow x = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} = \frac{1}{\frac{1}{15} - \frac{1}{30}} = \frac{1}{\frac{1}{30}} = 30$

мобил

$x = 30$

3. с. 9.  
 $\frac{N m u^2}{2} =$

$\frac{L}{2} ?$



$\triangle ACP = \triangle FDE$

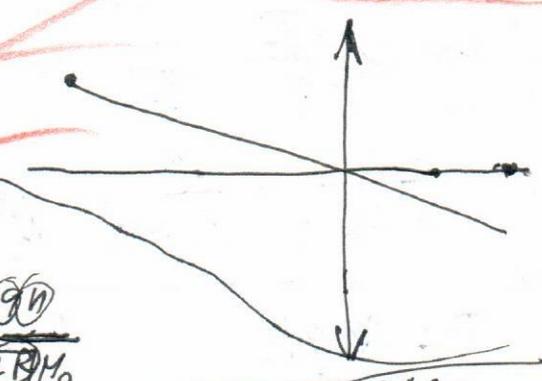
$\omega R = v \quad \omega = \frac{v}{R}$

$(\sqrt{2} + 5) m = 5 m$

$\frac{\sqrt{2} + 5}{5} = \frac{14}{14}$

$B = \frac{I}{2 R M_0}$

$B = \frac{90}{2 R M_0}$



$I = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{M_0 \varphi}{\Delta t} = \frac{5 v \Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{N}{2 \pi R} v \Delta \varphi = \frac{4 N v}{2 \pi R} = \frac{N \omega \varphi}{2 \pi}$

$v = \frac{\omega}{n} = \frac{2 \pi R}{N} \quad \omega = \frac{2 \pi}{N} n \quad \varphi = \frac{2 \pi R}{N} n$

$I = q/n$

77-20-15-48  
(65.27)

Чистовик  
N1

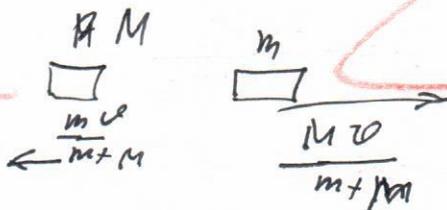
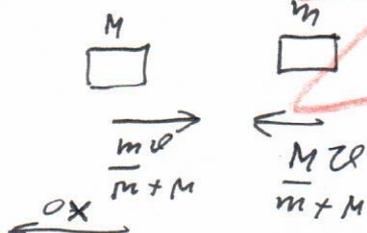
1) Найдем скорости брусков сразу после соударения



в с.о.ц.м. пусть брусок массой  $m$  движется со скоростью  $v$

то  $v_{с.м.} = \frac{mv}{m+M}$  - скорость центра масс.

в с.о.ц.м. до соудар.



после соуд.

$P_M =$  импульсы тел. в с.о.ц.м. по оси  $x$ :

$$P_M = -\frac{Mmv}{m+M}$$

$$P_m = \frac{Mmv}{m+M}$$

после соудар. в с.о.ц.м. импульсы изменяются на противоположные у каждого из тел

(следствие 3.с.7. и 3.с.и.)

тогда

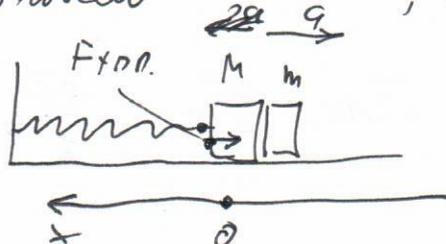
$$P'_M = \frac{Mmv}{m+M}; \quad P'_m = -\frac{Mmv}{m+M}$$

переходим в лабораторную с.о.

тогда  $v_M = \frac{2mv}{m+M}$   $v_m = \frac{M-m}{m+M}v$  (скорость направлена вправо)

Скорости брусков после соударения.

2) введем сист. коорд.  $x=0$  - положение равновесия и точка, где произошло соударение



для  $M$ :  $0+$   
 $-F_{хпр} = -Ma$   
 $F_{хпр} = kx$   
 $a = -\ddot{x}$

$\Rightarrow M\ddot{x} + Kx = 0$  <sup>Упругая пружина</sup>  $\ddot{x} + \frac{K}{M}x = 0$  - уравнение гармонического колебания

$x = A \sin(\omega t + B)$ , где  $\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$

при  $t=0$   $x=0 \Rightarrow 0 = A \sin(B) \Rightarrow B=0$

$v = \dot{x} = + A\omega \cos \omega t$

$v(0) = v_M = \frac{2m v_0}{m+M}$

$v(0) = +A\omega$

$\Rightarrow A = \frac{2m v_0}{(m+M)\omega}$

3) найти  $x$  в момент  $t = \frac{5}{8} T$

$x_M = x\left(\frac{5}{8} T\right) = \frac{2m v_0}{(m+M)\omega} \cdot \sin\left(\omega \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega}\right) =$   
 $= \frac{2m v_0}{(m+M)\omega} \cdot \sin\left(\frac{5}{4} \pi\right) = -\frac{\sqrt{2} m v_0}{(m+M)\omega}$

Координата тела  $M$  в момент  $t$  когда брусок  $m$  достиг  $m$

4) после соударения брусок  $m$  движется со скоростью  $v_m = \frac{M-m}{m+M} v_0$  в момент  $t = \frac{5}{8} T$

в момент  $\frac{5}{8} T$ , тогда

$|x_m| = \frac{M-m}{m+M} v_0 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$  ;  $x_m = -\frac{5\pi}{4\omega} \frac{M-m}{m+M} v_0$

4) т.к. была встречная в момент  $\frac{5}{8} T$

$x_m = x_M$

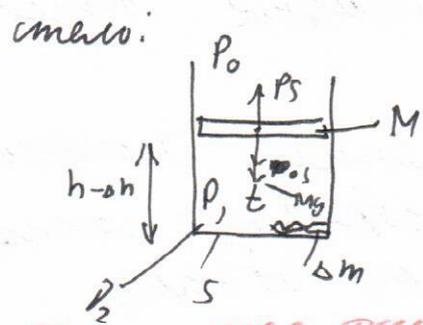
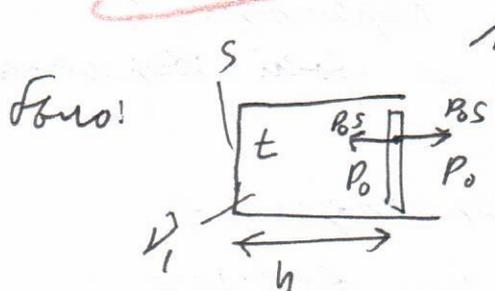
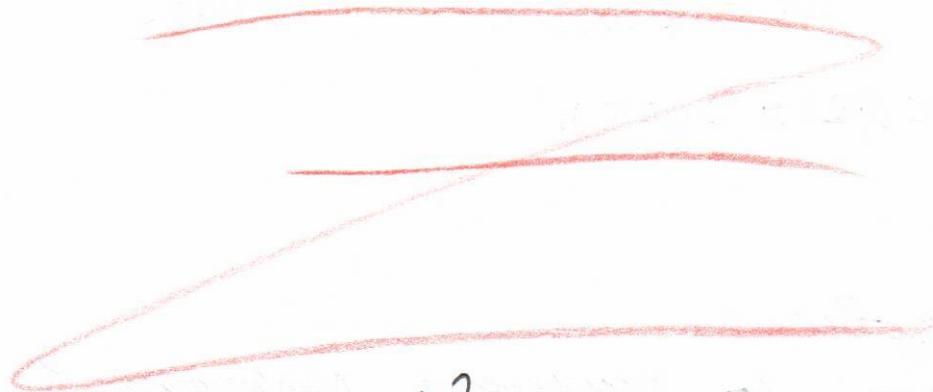
$\frac{\sqrt{2} m v_0}{(m+M)\omega} = \frac{5\pi}{4\omega} \frac{(M-m)}{m+M} v_0$  ;  $\sqrt{2} m = \frac{5\pi}{4} M - \frac{5\pi}{4} m$

$n = \frac{M}{m} = \frac{\sqrt{2} + \frac{5\pi}{4}}{\frac{5\pi}{4}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 5\pi + 1}{4}$

Гармоническими <sup>Упругими</sup> называются колебания, происходящие по закону  $\sin$  или  $\cos$ . 4

Амплитудой гармонич. колеб. называется наибольшее отклонение от положения равновесия 2

Фаза колебаний — определенное 1 состояние системы в конкретный момент времени



для газа в иск. сост:

$$p_0 S h = \nu_1 R t \quad (2)$$

стало:  $\nu_2 = \nu_1 - \Delta \nu$  где  $\Delta \nu$  — констант. обр. масс

$$\nu_2 = \nu_1 - \frac{\Delta m}{M}$$

$$\Delta \nu = \frac{\Delta m}{M}$$

$$p S (h - \Delta h) = \nu_2 R t$$

из условия равновесия поршня

$$p S = p_0 S + Mg \Rightarrow p = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

тогда  $(p_0 + \frac{Mg}{S}) S (h - \Delta h) = \nu R t - \frac{\Delta m}{M} R t$  (1)

нет абсолютной разности потенциалов. Это такое  $\nu_2$  и  $\nu_1$  — близкие к друг другу

$$(2)-(1): p_0 S h - (p_0 + \frac{Mg}{S}) S (h - \Delta h) = \frac{\Delta m}{M} R t \quad \text{чистовик}$$

$$p_0 S h - (p_0 S h - p_0 S \Delta h + Mg h - Mg \Delta h) = \frac{\Delta m}{M} R t$$

$$p_0 S \Delta h + Mg \Delta h - Mg h = \frac{\Delta m}{M} R t$$

$$\Delta h (p_0 S + Mg) = \frac{\Delta m}{M} R t + Mg h$$

$$\Delta h = \frac{\frac{\Delta m}{M} R t + Mg h}{p_0 S + Mg}$$

$$\Delta h = \frac{\frac{10^{-3} \cdot 10^3}{16} \cdot 8,3 \cdot 373 + 10 \cdot 10 \cdot 0,35}{10^5 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 10} \approx \frac{21,6 + 35}{1100} \approx 222$$

$$\approx \frac{56,6}{1100} \approx 0,23 \text{ м} \approx 0,05 \text{ м}$$

парообразование:

жидкое состояние переходит в газообразное состояние со своей поверхностью

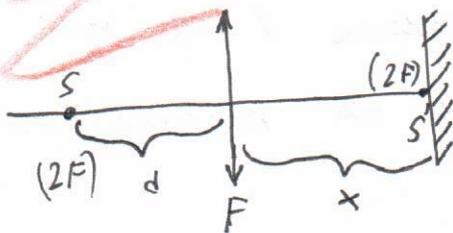
кипение жидкое переходит в газообразное состояние по всему объему.

Удельная теплота парообразования это физическая величина, показывающая сколько энергии нужно затратить для испарения единицы массы данного вещества в кипении  $T = \text{const}$

$$[L] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

ЧИСТОВИК  
N4.

Фоно:

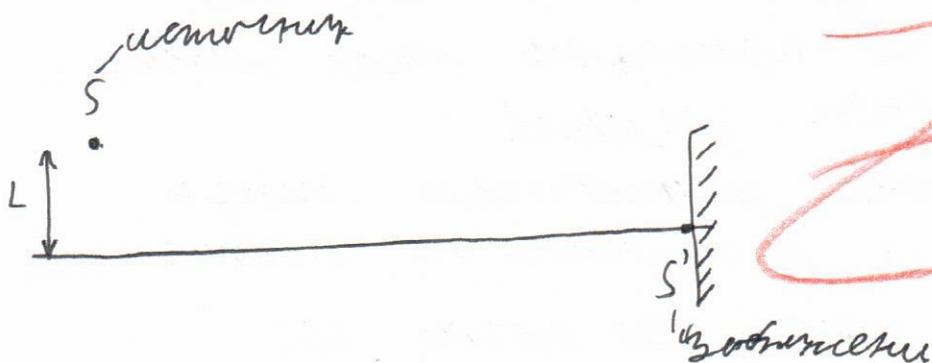


$F = 15 \text{ см}$   
 $d = 30 \text{ см}$   
 $L = 6 \text{ см}$

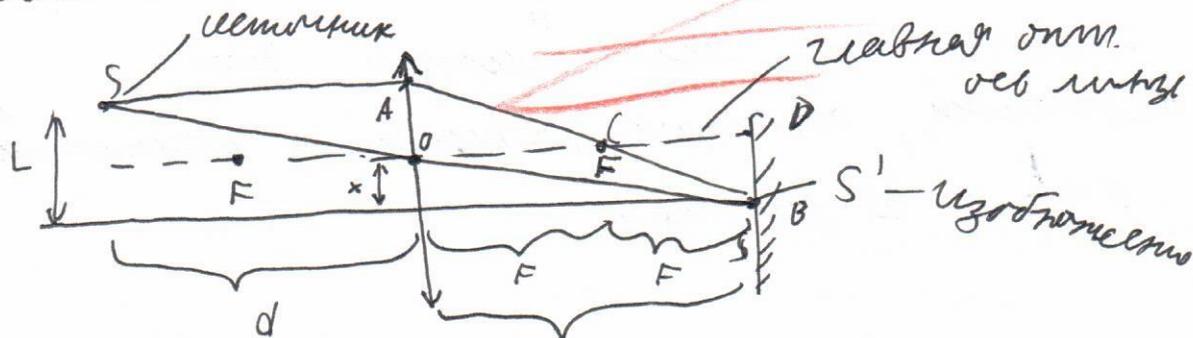
по формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$   
 $\frac{1}{x} = \frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{30} \Rightarrow x = 30 \text{ см}$

Заметим, что  $d = 2F = 2 \cdot 15 \text{ см} = 30 \text{ см}$  - источник находится в той двойной фокусе  $\Rightarrow$   $x$  изобр. так-ся в двойной фокусе.

после смещения источника на  $L$



чтобы источник создавал изображение S в том же месте, где  $S, S'$  и  $опт.$  центр. линзы должны лежать на одной прямой (луч, проходящий через центр линзы не преломляется)



$x = 2F$   
стопки лучи вышедши паралл. главн. опт. оси и преломились через фокус.

Чистовик

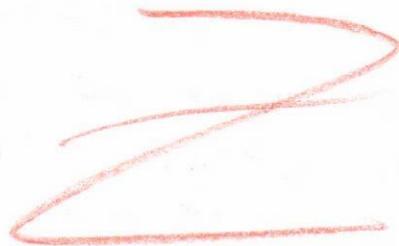
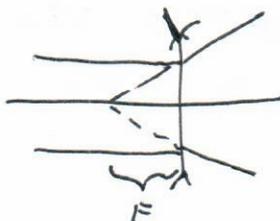
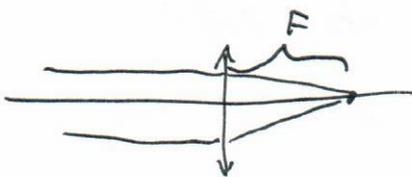
$$\Delta AOC = \Delta BOC \Rightarrow \begin{cases} AO = OD = x \\ AO + OB = L \end{cases} \Rightarrow 2x = L \Rightarrow x = \frac{L}{2}$$

линзу нужно сместить в ту же сторону, что и исполнитель на расстояние  $\frac{L}{2} = 4 \text{ см}$ .



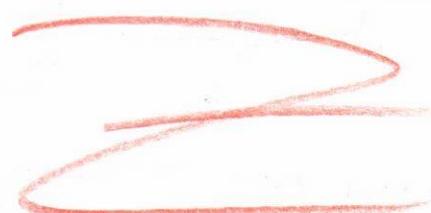
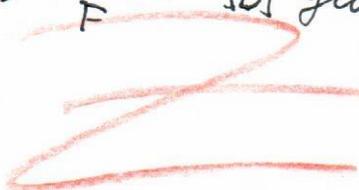
линза называется тонкой, если радиус её кривизны много больше её поперечных размеров.

фокусным расстоянием линзы называется расстояние от оптического центра линзы до точки, где собирается пучок параллельных лучей главной оптической осью лучей (или их продолжений)



оптическая сила линзы это величина, обратная фокусному расстоянию

$$D = \frac{1}{F} \quad [D] \text{ диоптрии}$$



Чистовик  
№3.

Закон электромагнитной индукции:  
в контуре, при изменении потока вектора магнитной индукции через него возникает ЭДС, равная с-ти изменения магнитного потока.

$|E| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$   $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$   $\alpha$  - угол между нормалью площади  $S$  и вектором  $\vec{B}$

правило Ленца:  
при изменении внешнего магнитного потока, в контуре создается такой ток, магнитное поле которого препятствовало бы изменению магнитного потока через контур

1) Если в формуле кольца неподвижно, то означает, что за время  $\frac{1}{n}$  кольцо прокрутит в исходное состояние, т.е. поворачивается на угол  $\frac{2\pi}{N}$  (в силу симметрии)  
Плоскость его вращается с  $\omega$ , тогда

$\frac{1}{n} \omega = \frac{2\pi}{N} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi n}{N}$  при такой скорости вращения.

2)  $\frac{S B_0}{\Delta t} = \mathcal{E} = E \cdot 2\pi R \int_0^{\Delta t} dt$   $\mathcal{E} R^2 B_0 = 2\pi R E \Delta t$   
 $S = \pi R^2$   $\Downarrow E \Delta t = \frac{R B_0}{2}$

3) для  $N$  зарядов (для средней силы)

$F \Delta t = N m v$   $\Rightarrow E \Delta t q = m v$   
 $F = E q N$   $E \Delta t = \frac{m v}{q}$

$\Rightarrow \frac{R B_0}{2} = \frac{m v}{q} \cdot R$

$B_0 = \omega \frac{2m}{q}$

т.к.  $\omega_{min} \Rightarrow B_0 \Rightarrow min$   
 $B_0 = \frac{2\pi n}{N} \cdot \frac{2m}{q} = \frac{4\pi n m}{N q}$

$B_0 = \frac{4\pi n m}{N q}$ ;  $B_0 \approx 96 \text{ Тл}$

$\omega = \frac{v}{R}$   
 $\frac{4 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 10^{-5}}{10^2 \cdot 10^{-7}} = 96 \text{ Тл}$



ЧЕРНОВИК

$$\frac{d\Phi_0}{dt} = \mathcal{E} = 2\pi R \frac{E}{q}$$

$$\pi R^2 \dot{\Phi}_0 = 2\pi R E dt$$

$$R \dot{\Phi}_0 = 2 E dt$$

$$F dt = \frac{R \dot{\Phi}_0}{2\pi} = N m v$$

$$R \omega = v$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$F dt = N m v$$

$$\frac{\Phi_0}{2\pi N m} = \omega$$

$$\Phi_0 = \omega 2\pi N m$$

$$\Phi_0 = 2\pi N m \cdot \frac{2\pi h}{N} = 4\pi^2 h m$$

$$\frac{d\Phi_0}{dt} = \mathcal{E} = 2\pi R E$$

$$\pi R^2 \dot{\Phi}_0 = 2\pi R E dt$$

$$R \dot{\Phi}_0 = 2 E dt \Rightarrow E dt = \frac{R \dot{\Phi}_0}{2}$$

2 q m d t

$$F dt = N m v = q N E dt$$

$$\frac{m v}{q} = E dt = \frac{R \dot{\Phi}_0}{2}$$

$$\Phi_0 = \frac{2 m}{q} \omega = \frac{2 m}{q} 2\pi \frac{h}{N} = \frac{4\pi m h}{q N}$$

$$= \frac{4 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 8}{10^{-7} \cdot 10^{22}} = 12 \cdot 8 \cdot 10^{-1} = 0$$

$$\frac{12}{8} = \frac{3}{2}$$

$$10 \cdot 10^{-6} = 10^{-5}$$