



54-93-30-65  
(64.19)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"

по физике

Пашикова Игорь Павловича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*Видан + 1 мес ЗИП - (Поляева)  
+ 1 мес БИТ (Бровица)*

*Дешифр*

*15:48 Видан*

*18:51 Видан*

Дата

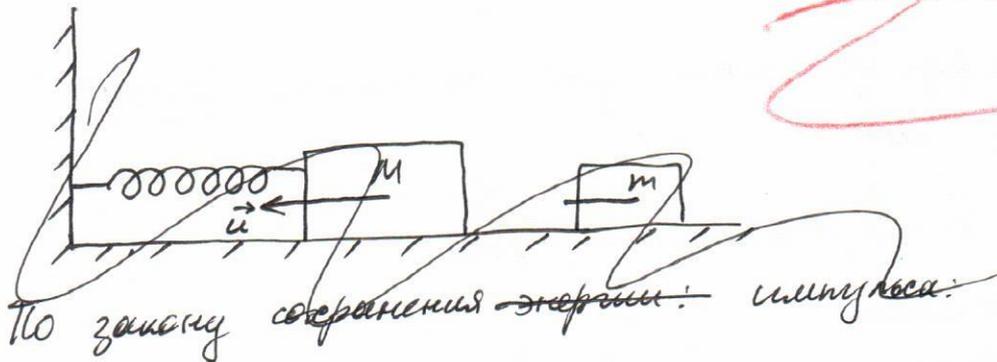
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

*[Handwritten signature]*

54-93-30-65  
(64.19)

№ 1.1.1



По закону сохранения энергии: ~~минус~~

$\Sigma = 85$

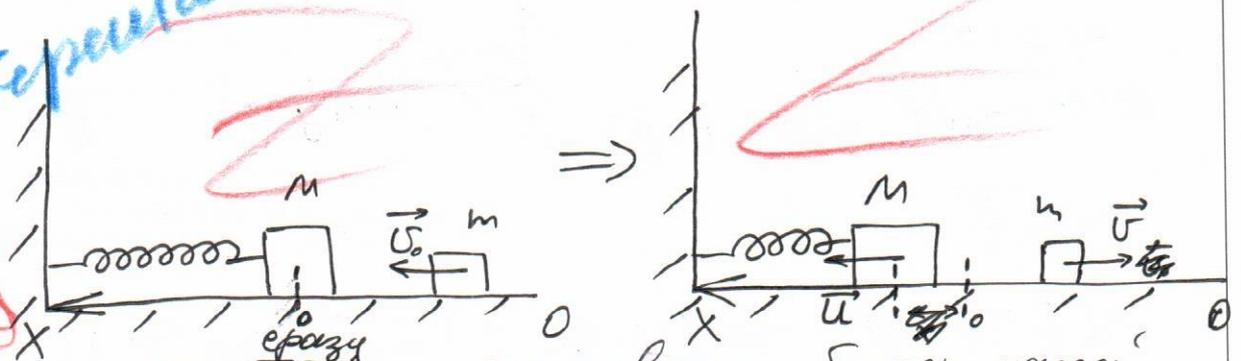
36 49

Терминал ЕИ.

№ 1.1.1

8	10
9	15
9	5
15	14
3	

Case Study



Пусть после столкновения брусок массы M приобретёт скорость  $\vec{u}$ , а массой m - скорость  $\vec{v}$ .

Тогда по ЗИ:

$$m v_0 = M u - m v$$

$$v_0 = \frac{M}{m} u - v$$

$$(1) \frac{M}{m} = \frac{v_0 + v}{u}$$

По ЗЭ от деформации пружины:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M u^2}{2} + \frac{m v^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = \frac{M}{m} u^2 + v^2 \quad (2)$$

Подставим (1) в (2):

$$v_0^2 = \frac{v_0 + v}{u} \cdot u^2 + v^2$$

$$(v_0 - v)(v_0 + v) = (v_0 + v) u$$

$$(3) v_0 - v = u$$

② Найти амплитуду колебаний бруска:

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} \Rightarrow x_0 = \sqrt{\frac{Mv^2}{k}} = v\sqrt{\frac{M}{k}}$$

Дифференц. уравнение для колебаний бруска  $M$  имеет вид:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Его решение:

$$x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$x(0) = 0: \quad \cos \varphi = 0 \Rightarrow$$

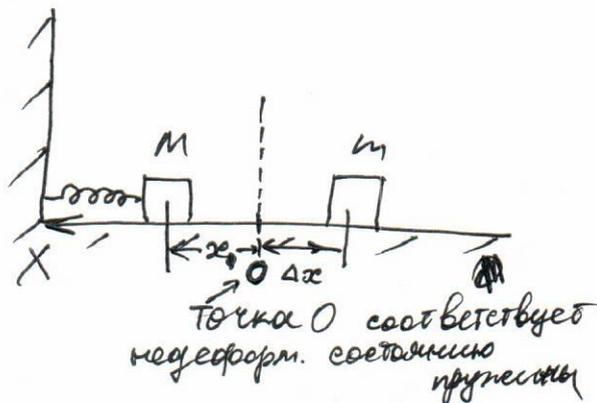
$$\Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$x(t) = -v\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) =$$

$$= v\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sin \omega t$$

$$x\left(\frac{7}{12}T\right) = v\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sin\left(\omega \cdot \frac{2\pi \cdot 7}{12}\right) = v\sqrt{\frac{M}{k}} \sin\left(\frac{7\pi}{6}\right) =$$

$$= -\frac{1}{2}v\sqrt{\frac{M}{k}}$$



③ Обозначим  $\Delta x$  расстояние, которое пройдет брусок  $m$  за  $\frac{7}{12}T$ .

$$(3) \quad \Delta x = |x\left(\frac{7}{12}T\right)| = \frac{1}{2}v\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$(4) \quad \Delta x = v \cdot \frac{7}{12}T = \frac{7}{12}v \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

(5) = (4):

$$\frac{1}{2}v\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{7\pi}{6}v\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$v = \frac{7\pi}{3} \cdot v$$

$$\frac{v}{v} = \frac{7\pi}{3}$$

②

Из (1) и (5):  $v_0 = u + v$

$$\frac{M}{m} = \frac{v_0 + v}{u} = \frac{u + 2v}{u} = 1 + 2 \frac{v}{u} = 1 + 2 \cdot \frac{3}{7\pi} =$$

$$= 1 + \frac{6}{7\pi} \approx 1 + \frac{6}{7 \cdot 3} = 1 + \frac{2}{7} = \frac{9}{7}$$

Ответ:  $\frac{M}{m} = 1 + \frac{6}{7\pi} \approx \frac{9}{7}$

1) Импульс материальной точки есть произведение её массы на её скорость:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

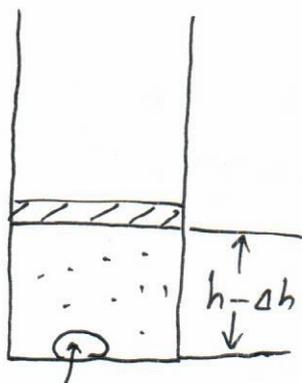
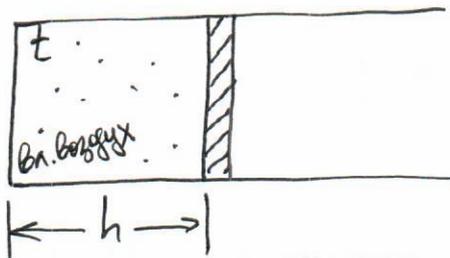
2) Импульс системы материальных точек есть геометрическая сумма импульсов всех материальных точек этой системы.

3) Закон сохранения импульса:

~~Если силы, действующие на систему материальных точек, не изменяются, то полный импульс этой системы сохраняется~~

Если силы, действующие на <sup>любую?</sup> систему материальных точек вдоль какой-либо оси, не меняются (т.е. постоянны), то проекция полного импульса системы на эту ось сохраняется.

§2.4.1.



Дано:

$$t = 373 \text{ K}$$

$$h = 0,35 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0,05 \text{ м}$$

$$M = 10 \text{ кг}$$

$$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1 \text{ м}^2 = (100 \text{ см})^2 = 10^4 \text{ см}^2$$

$$100 \text{ см}^2 = \frac{100}{10000} = 10^{-2} \text{ м}^2$$

① Гор. положение:

$$p_{n1} S h = \nu_n R t \quad p_{n1} + p_{v1} = p_0$$

$$p_{v1} S h = \nu_v R t$$

Здесь  $p_{n1}$  и  $\nu_n$  - давление и кол-во вещества пара в горизонт. положении,  $p_{v1}$  и  $\nu_v$  - аналогично для воздуха.

② Вертикальное положение:

$$p_{v2} + p_{n2} = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$p_{v2} S (h - \Delta h) = \nu_v R t$$

$$p_{n2} S (h - \Delta h) = (\nu_n - \frac{\Delta m}{\mu}) R t$$

Здесь  $p_{v2}$  и  $p_{n2}$  - давления воздуха и пара соответственно в вертикальном положении парика.

④

$$U_3 \textcircled{1}: p_0 S h = (V_n + V_0) R t \quad (3)$$

$$U_3 \textcircled{2}: \frac{V_0 R t}{S(h-\Delta h)} + \frac{(V_n - \frac{\Delta m}{\rho}) R t}{S(h-\Delta h)} = p_0 + \frac{Mg}{S} \quad (7)$$

$$(4) \frac{R t}{S(h-\Delta h)} (V_0 + V_n - \frac{\Delta m}{\rho}) = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$U_3 \textcircled{3}: V_n + V_0 = \frac{R t}{p_0 S h} \text{ Подставим в (4):}$$

~~$$\frac{R t}{S(h-\Delta h)} \left( \frac{R t}{p_0 S h} - \frac{\Delta m}{\rho} \right) = p_0 + \frac{Mg}{S}$$~~

$$U_3 \textcircled{3}: V_n + V_0 = \frac{p_0 S h}{R t} \text{ Подставим в (4):}$$

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

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

$$\frac{\Delta m}{\rho} \cdot \frac{R t}{S(h-\Delta h)} = p_0 \left( \frac{h}{h-\Delta h} - 1 \right) - \frac{Mg}{S} =$$

$$= p_0 \left( \frac{h-h+\Delta h}{h-\Delta h} \right) - \frac{Mg}{S} = p_0 \frac{\Delta h}{h-\Delta h} - \frac{Mg}{S}$$

$$\Delta m = \left( p_0 \frac{\Delta h}{h-\Delta h} - \frac{Mg}{S} \right) \cdot \frac{\rho S (h-\Delta h)}{R t} =$$

$$= \frac{p_0 \Delta h \rho S}{R t} - \frac{\rho M g (h-\Delta h)}{R t} \quad (8)$$

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

$$\Delta m = \frac{(10^5 \cdot 0,05 \cdot 10^{-2} - 10 \cdot 10 \cdot 0,3) \cdot 0,018}{8,3 \cdot 373} \approx \frac{97 \cdot 10^{-5}}{83} \text{ кг} \approx$$

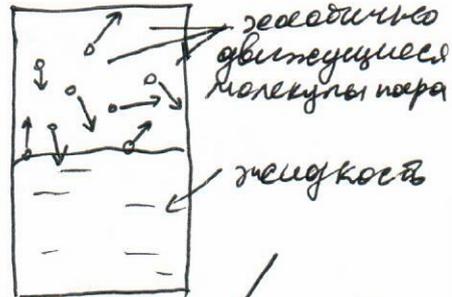
$$\approx 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ г} = 0,0116 \text{ г} \quad (140)$$

$$\text{Ответ: } \Delta m \approx 0,0116 \text{ г} \left( = \frac{(p_0 \Delta h S - M g (h-\Delta h)) \rho}{R t} \right)$$

ошибка на порядок из-за берем

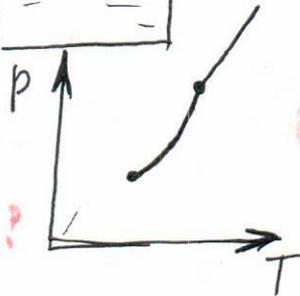
(5)

1) Насыщенный пар - это пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. Динамическое равновесие означает, что количество молекул, покидающих жидкость, равно количеству молекул ~~жидкости~~ пара, ~~попадающе~~ возвращающихся обратно в жидкость.



2) Давление насыщенного пара зависит от температуры экспоненциально (следствие из формулы распределения Больцмана)

$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{E}{kT}}$$



3)  $p = p_0 \cdot e^{\frac{\lambda T}{T_0}}$ , T - абсолютная температура

$$p \cdot \frac{m}{p} = \frac{m}{m} RT$$

$$p(T) = \frac{m p}{RT} = \frac{m p_0}{R} \cdot \frac{e^{\lambda T}}{T}$$

зависимость плотности от температуры

§ 3.7.1.

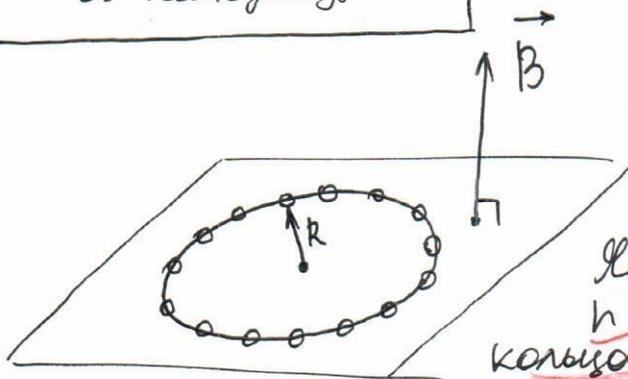
Дано:

$$N = 100$$

$$m = 10^{-5} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$B_0 = 100 \text{ Тл}$$



Дано, что макс. значение n равно частоте вращения кольца  $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ ,  $\omega$  - угл. скорость.

После выключения магн. поля изменяется магнитный поток через кольцо:

$$\Delta\Phi = B_0 \cdot S = \pi R^2 B_0, \quad R - \text{радиус кольца}$$

$$v = \omega R, \quad v - \text{скорость вращения дуэнтон.$$

$$\frac{N B_0 q \omega R}{N B_0 q} = \frac{m \omega^2 R}{m \omega}$$

к данной задаче это не относится, т.к.  $B=0$ , когда  $\omega$ .

(6)

$$\omega = \frac{N \Phi \dot{\alpha}}{m}; \quad n = \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{N \Phi \dot{\alpha}}{2\pi m}$$

$$n = \frac{100 \cdot 100 \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 10^{-5}} \text{ с}^{-1} = \frac{10^2}{2\pi} \text{ с}^{-1} = \frac{100}{2\pi} \text{ с}^{-1} = \frac{50}{\pi} \text{ с}^{-1} \approx \frac{50}{3} \text{ с}^{-1} \approx 16,67 \text{ с}^{-1}$$

Ответ:  $n = \frac{50}{\pi} \text{ с}^{-1} \approx 16,67 \text{ с}^{-1}$  *неверно.*

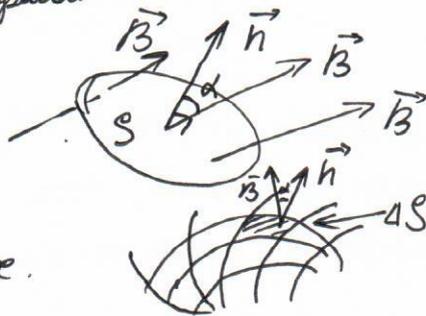
*напомню*  
**3**

① Увеличение электродвижущей индукции соединяет в возникновении тока (называемого индукционным) при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур. *Формула?*

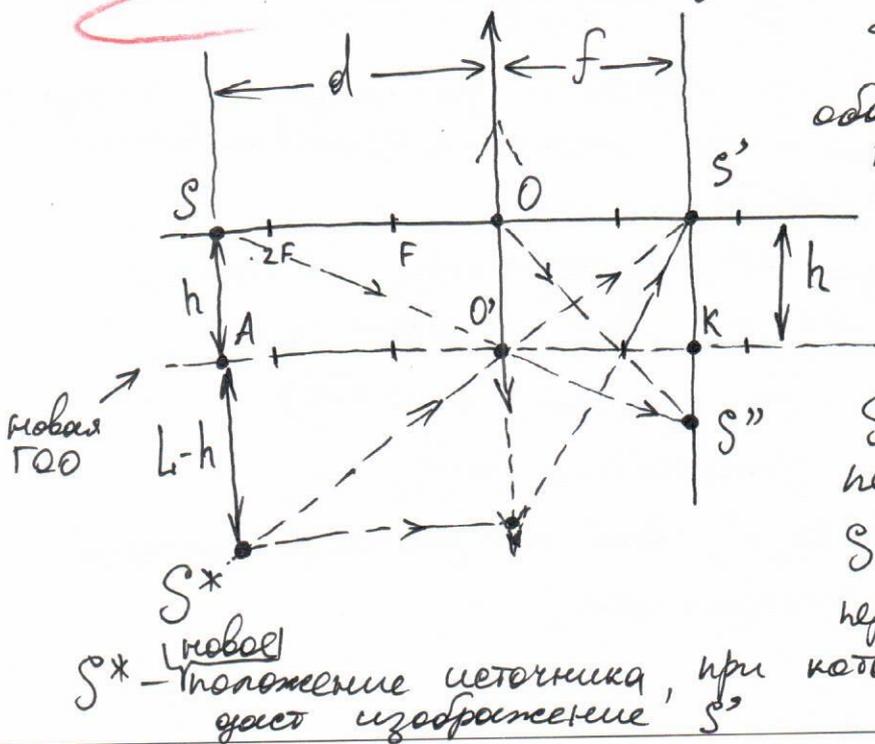
② Магнитный поток  $\Phi$  — произведение магнитной индукции, пронизывающей контур, на площадь этого контура и на косинус угла между нормалью к плоскости контура и вектором магн. индукции:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = S \cdot (B, \vec{n}) \quad |\vec{n}| = 1$$

Для подсчета потока через контур сложной формы нужно разбить его на маленькие площадки  $\Delta S$  и просуммировать потоки через них.



*Задача 4.10.1.*



Пунктиром обозначены новое положение линзы и её ГОО, а также оп. лучи

S — источник  
S' — изобр. S до перемещения линзы  
S'' — изобр. S после перемещения линзы

S\* — *новое* положение источника, при котором он даст изображение S'

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1^{(5)}}{10} - \frac{1^{(2)}}{25} =$$

$$= \frac{5-2}{50} = \frac{3}{50} \text{ (см}^{-1}\text{)}$$

$$f = \frac{50}{3} \text{ см} = 16\frac{2}{3} \text{ см}$$

Из подобия  $\triangle AOS^*$  и  $\triangle KOS^*$ :

$$\frac{L-h}{h} = \frac{d}{f} \Rightarrow \frac{L}{h} - 1 = \frac{d}{f} \Rightarrow \frac{L}{h} = \frac{d}{f} + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \left(\frac{d}{f} + 1\right) \cdot h$$

$$L = \left(\frac{25}{50} \cdot 3 + 1\right) \cdot 3 = \left(\frac{3}{2} + 1\right) \cdot 3 = \frac{5}{2} \cdot 3 = \frac{15}{2} = \underline{7,5 \text{ (см)}}$$

Ответ: источник нужно переместить в том же направлении, что и линзу, перпендикулярно главной оптической оси ~~(тогда)~~ на  $L = 7,5 \text{ см}$   
 $(L = (\frac{d}{f} + 1) \cdot h)$ .

①  $\frac{+1}{d} \pm \frac{1}{f} = \frac{\pm 1}{F}$  - формула тонкой линзы

1.  $d$  - расстояние от источника до предмета линзы (перед  $\frac{1}{d}$  ставится "+", если источник действительный, "-" - если мнимый)

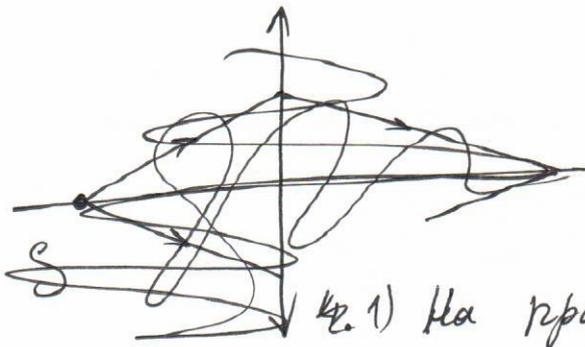
2.  $f$  - расстояние от изображения до линзы (перед  $\frac{1}{f}$  ставится "+", если изображение действительное, "-" - если мнимое)

3.  $F$  - фокусное расстояние линзы (перед  $\frac{1}{F}$  ставится "+", если линза собирающая, "-" - если рассеивающая)

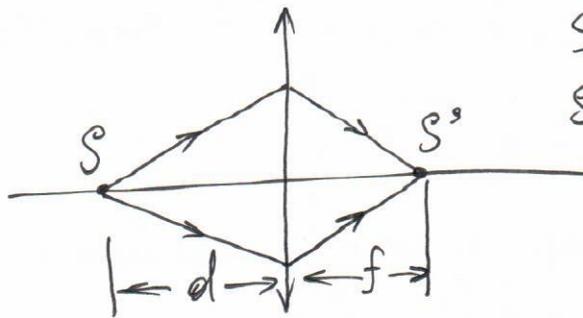
⑧

Чистовик

54-93-30-65  
(64.19)

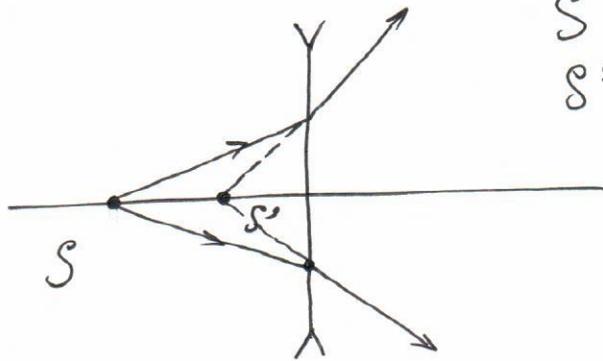


к. 1) На примере собирающей линзы:



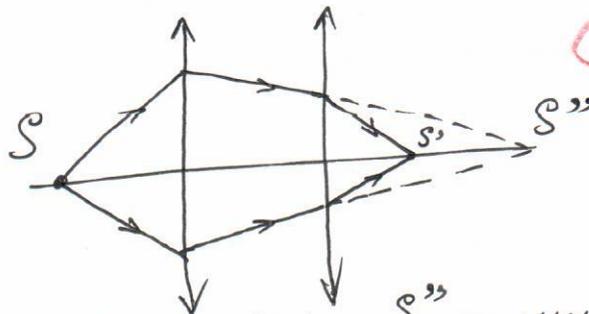
$S$  - действ. источник  
 $S'$  - действ. изображение

2) На примере рассеивающей линзы:



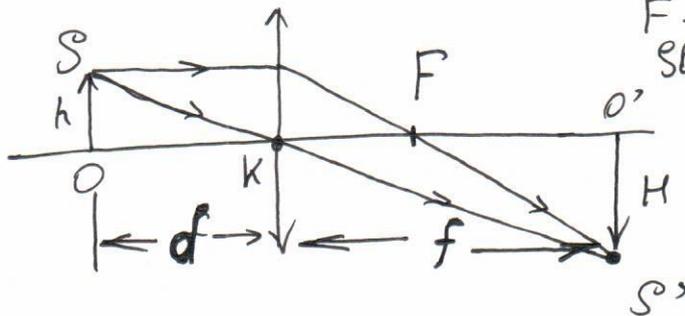
$S$  - действ. источник  
 $S'$  - мнимое изображение.

3)



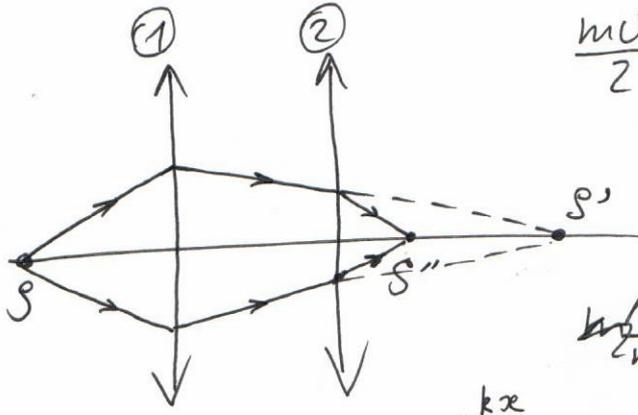
В этой системе линз  $S''$  - мнимый источник для  $S'$

(2)



$F$  - фокус линзы  
 $O$  - оптический центр  
 $S$  - источник  
 $S'$  - изображение

(9)



$$\frac{m\sigma_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{m\sigma^2}{2}$$

$$\Rightarrow m(\sigma_0^2 - \sigma^2) = kx_0^2$$

$$m(\sigma_0 + \sigma)u = kx_0^2$$

$$\frac{m\sigma}{2\sigma_0} u^2 = kx_0^2$$

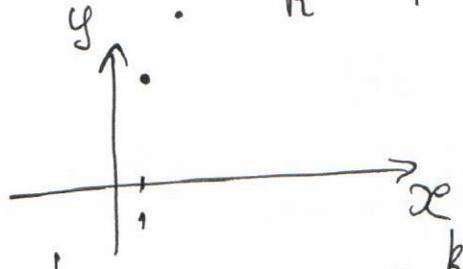
$$f'(x) = \frac{e^{kx}}{x} (k-1)$$

$$\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{M}$$

$$f(x) = \frac{e^{kx}}{x}$$

$$\rho = \frac{Mp}{RT}$$

$$= \frac{Mp_0}{R} \frac{e^{\lambda T}}{T}$$



$$f'(x) = \frac{(e^{kx})' \cdot x - e^{kx} \cdot x'}{x^2}$$

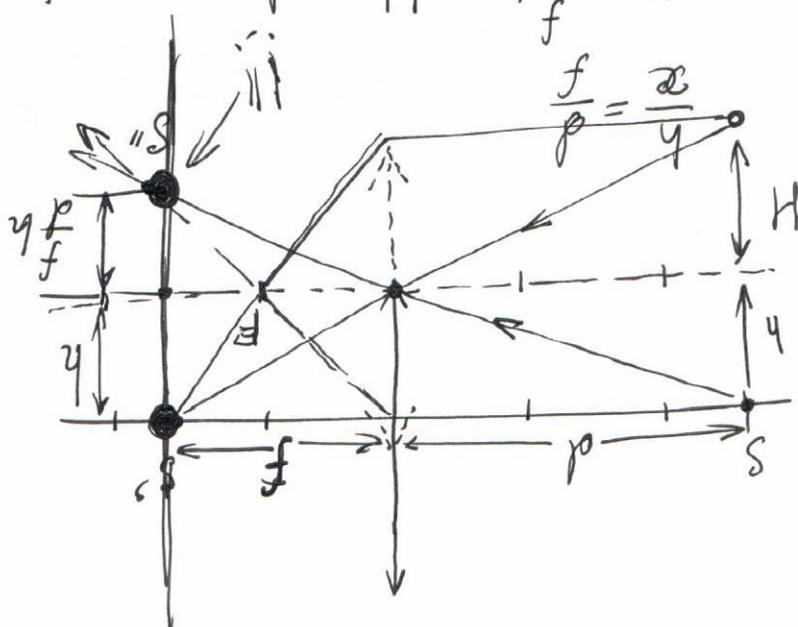
$$= \frac{k \cdot e^{kx} \cdot x - e^{kx} \cdot 1}{x^2} = \frac{e^{kx} (kx - 1)}{x^2}$$

$$\left(1 + \frac{f}{\rho}\right) y = \frac{f}{\rho} y + y = H + y = \eta$$

$$\frac{f}{\rho} \cdot y = H \Rightarrow \frac{f}{\rho} = \frac{H}{y}$$

$$y \frac{\rho}{f} = x$$

$$\frac{f}{\rho} = \frac{x}{y}$$



54-93-30-65  
(64.19)

$$p_{B2} + p_0 = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

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

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

$$p_0 S h = (p_n + p_0) R T$$

$$p_0 S h = (p_n + \frac{Mg S(h-\Delta h)}{R T}) R T =$$

$$p_0 S h = p_n R T + Mg(h-\Delta h)$$

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

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

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

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



$$\mathcal{E} = N B q l = B q N \cdot 2\pi R \cdot \frac{BS}{\Delta t} = \frac{4\Phi}{\Delta t} = \frac{BS}{\Delta t}$$

$$B q v = H \quad 2\pi R \cdot B q N = \frac{B \pi R^2}{\Delta t}$$

$$B q v = B q \frac{l}{\Delta t} = \frac{F}{\Delta t} \quad 2\pi R \quad 2 q N = \frac{R}{\Delta t}$$

$$A = q \cdot \mathcal{E}$$

$$A = F \cdot S =$$



$$= B I l S = q \mathcal{E} = B q l \cdot S = q \mathcal{E}$$

$$B \frac{4q}{\Delta t} l S = \frac{4q}{\Delta t} \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = B l S$$

$$B l S = \frac{BS}{\Delta t}$$

$$\frac{B l S}{\Delta t} = \mathcal{E}$$

$$N B q v l = q \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = N B v l = \frac{BS}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{2\pi R}{v}$$

$$N v l = \frac{S}{\Delta t}$$

$$N v l = \frac{\pi R^2 \cdot v}{2\pi R}$$

$$2 N l = R$$



$\omega = 2\pi \nu$   
 $\nu = \nu = 2\pi \omega$

$\omega = 2\pi \nu$   
 $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$

$\frac{10^4 \cdot 10^{-4}}{10^{-5} \cdot \frac{1}{2\pi}}$

~~$\frac{\omega}{2\pi}$~~

$-3 - (-5) = n = \nu = \frac{\omega}{2\pi} \frac{100}{2\pi}$   
 $= -3 + 5 = 2$

Черновик

$W = \frac{B^2}{2\mu_0} \cdot V$      $\frac{I}{S} = \frac{E}{\rho}$

$\Phi = LI$

$B_0 S = LI$

$I = \frac{B_0 S}{L}$

$LI = qR$

$LI = IR$

$LI = qR$      $I = 2\pi m$

~~$\frac{d\Phi}{dt} = qR \frac{dB}{dt}$~~

$Q = N \cdot q$

$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{dBS}{dt} = S \cdot \frac{dB}{dt} = \pi R^2 \frac{dB}{dt}$

$qR \frac{dB}{dt} = m\omega^2 R$

$\omega = \frac{B_0 q}{m} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\frac{50}{3} = 16 \frac{2}{3}$

$n = \frac{qB}{2\pi m} \frac{16}{48}$

$qUB = m\omega^2 R$

$\Phi = B_0 S =$



$E_e = -\frac{d\Phi}{dt}$   
 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  ;  $E = Ed$      $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Ed$

$n = \frac{B_0 q}{2\pi m}$      $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$   
 $E = \frac{\Delta q R}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Внешнее магн. поле вводится в цилиндрический ток (наз. индукция-квант) при изменении магн. потока ~~через~~ <sup>протяну</sup> контур.  $k \rightarrow k = k \cdot Na$

$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dL}{R^2}$

$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{kT}{\Delta u}}$      $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$      $\nu = \frac{2\pi}{\omega}$

распр. Больцмана

$p = nkT$

$\frac{n}{n_0} = \frac{p}{p_0} \Rightarrow p = p_0 \cdot e^{-\frac{kT}{\Delta u}} = p_0 \cdot e^{-\frac{kT}{\Delta u}}$

$\frac{d\Phi}{dt} =$

$\frac{d\Phi}{dt} = \int E dr$

$E = B_0 q l$

$N B_0 q \omega R = m \omega^2 R$   
 $\omega = \frac{N B_0 q}{m}$

$A = q \cdot E = B_0 q v l =$

# Черновик

(Вернем две точки массы и в порядке приближения)



$$mv_0 = Mu - mv$$

$$v_0 = \frac{M}{m}u - v$$

$$\frac{v_0 + v}{u} = \frac{M}{m}$$

$$\frac{v_0 + v}{v_0 - v} = \frac{M}{m}$$

~~$$F = 2kx$$~~

$$T = 2\bar{u} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

~~$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$~~

~~$$v_0^2 = \frac{M}{m}u^2 + v^2$$~~

$$v_0^2 = \frac{v_0 + v}{u} u^2 + v^2$$

$$v_0^2 = v_0 u + v u + v^2$$

$$v_0(v_0 - u) = v(v - u)$$

$$v_0^2 - v^2 = u(v_0 + v)$$

~~$$(v_0 - v)(v_0 + v) = u(v_0 + v)$$~~

$$u = v_0 - v$$

$$v_0 = u + v$$

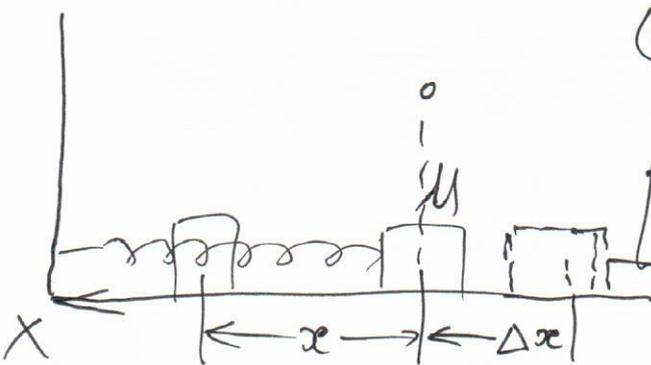
$$t = \frac{7}{12} T$$

$$\Delta x = v \cdot t = \frac{7}{12} v T$$

$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

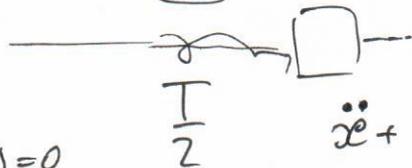
$$Mu^2 = kx^2$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{Mu^2}{k}} = u \sqrt{\frac{M}{k}}$$



$$x = \frac{7}{12} T$$

$$\frac{T}{4}$$



$$x(0) = 0$$

~~$$\cos \varphi_0$$~~

$$\cos \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

~~$$x(t) = x_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$~~

$$v(t) = \dot{x}(t) = -x_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$U(0) = U \quad \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

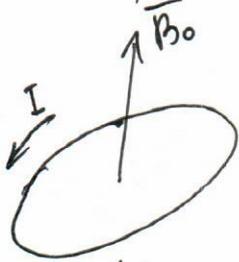
$$u = -x_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) =$$

$$\frac{u}{\omega_0} \cos(\alpha + \frac{\pi}{2}) = \sin \alpha \cos \frac{\pi}{2} + \cos \alpha \sin \frac{\pi}{2} = \cos \alpha$$

$$\frac{u}{\omega_0} = \cos \alpha \cos \frac{\pi}{2} - \sin \alpha \sin \frac{\pi}{2} = -\sin \alpha$$

$$\alpha = -\sin \alpha$$

$$= -x_0 \omega_0 \sin \frac{\pi}{2} = -x_0 \omega_0 = u$$



$$x(t) = u \sqrt{\frac{M}{k}} \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) = u \sqrt{\frac{M}{k}} \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \frac{\pi}{2})$$

$$x(t) = u \sqrt{\frac{M}{k}} \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t)$$

$$I = \frac{NqU}{2\pi R} \quad x(\frac{7}{12}T) = u \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{7}{12} \sqrt{\frac{M}{k}}) =$$

$$= \frac{NqU}{2\pi R} \quad t = \frac{7}{12}T = \frac{7}{12} \frac{1}{\omega_0} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{7u}{6} \sqrt{\frac{M}{k}} = u \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sin(\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2}) =$$

$$B_0 I \Delta l = \sin(\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2}) = \sin \frac{\pi}{6} \cos \frac{\pi}{2} + \cos \frac{\pi}{6} \sin \frac{\pi}{2} = \cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{M}{m} = \frac{U_0 + U}{U_0 - U} =$$

$$\rightarrow F = \frac{1}{2} u \sqrt{\frac{M}{k}}$$

из

$$\Delta x = \frac{7}{12} U \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{1}{2} u \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$u = U_0 - U$$

$$\frac{7u}{6} U = \frac{1}{2} u$$

$$= \frac{U_0 + U}{u} =$$

$$u = \frac{7}{3} U \quad \frac{U}{u} = \frac{3}{7}$$

$$= \frac{u + 2U}{u} =$$

$$= 1 + 2 \frac{U}{u} = 1 + 2 \cdot \frac{3}{7} = 1 + \frac{6}{7} = \frac{13}{7}$$

$$B_0 I \cdot \frac{2\pi R}{N} = m \omega^2 R$$

$$B_0 q = m \omega$$

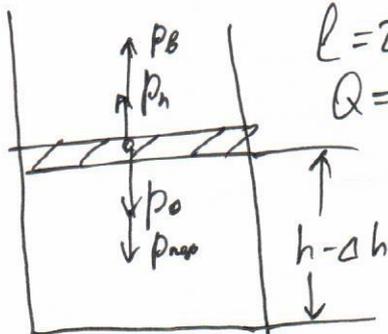
$$2\pi B_0 I = N m \omega^2$$

$$2\pi B_0 \cdot \frac{NqU}{2\pi} = N m \omega^2 \quad \omega = \frac{B_0 q}{m}$$

$$\epsilon_e = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{(dl + R)}{R^3}$$

$$\phi = LI = L \frac{dq}{dt} =$$



$$L = 2\pi R$$

$$103 \cdot 0,05 = 50$$

$$Q = Nq$$

$$dt = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\frac{(50 - 30) \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{83 \cdot 10^{-1} \cdot 373} =$$

$$I = \frac{Nq}{\Delta t} = \frac{Nq v}{2\pi R}$$

$$= \frac{20 \cdot 18}{373 \cdot 83} \cdot 10^{-2} =$$

$$F = B_0 q v S =$$

$$-3 - (-1) = -3 + 1 = -2$$

$$= 4 \cdot \frac{36}{373 \cdot 83} \cdot 10^{-2} =$$

$$I = \frac{Nq v S}{2\pi R} \quad \phi = \pi \cdot B R^2$$

$$\begin{array}{r} 36 \overline{) 373} \\ \underline{0} \phantom{0} 096 \\ \underline{3600} \\ \phantom{0} 3357 \\ \underline{2430} \\ \phantom{0} 2238 \\ \underline{1920} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 36 \\ \hline 3357 \\ \phantom{0} 373 \\ \times 8 \\ \hline 2238 \end{array}$$

$$= \frac{0,097}{83} \cdot 10^{-2} =$$

$$= \frac{97}{83} \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} =$$

$$= 1,16 \cdot 10^{-5}$$

$$F = B_0 q v S \quad \phi = B_0 S$$



$$\begin{array}{r} 97 \overline{) 83} \\ \underline{83} \phantom{0} 1,16 \\ \phantom{0} 140 \\ \underline{83} \\ \phantom{0} 570 \\ \underline{498} \\ \phantom{0} 720 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \phantom{0} \\ \times 83 \\ \hline 581 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 83 \\ \hline 498 \end{array}$$

$$h = 2$$

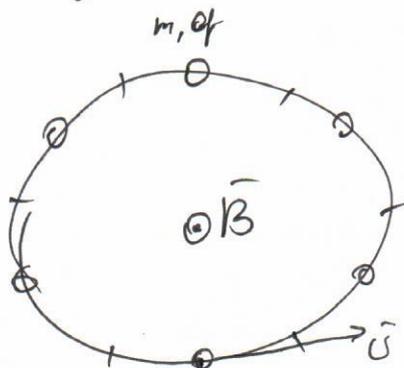
$$N = 100$$

$$m = 10 \text{ мг} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 10^{-2} \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 10^{-5} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$B = 100 \text{ Тл}$$

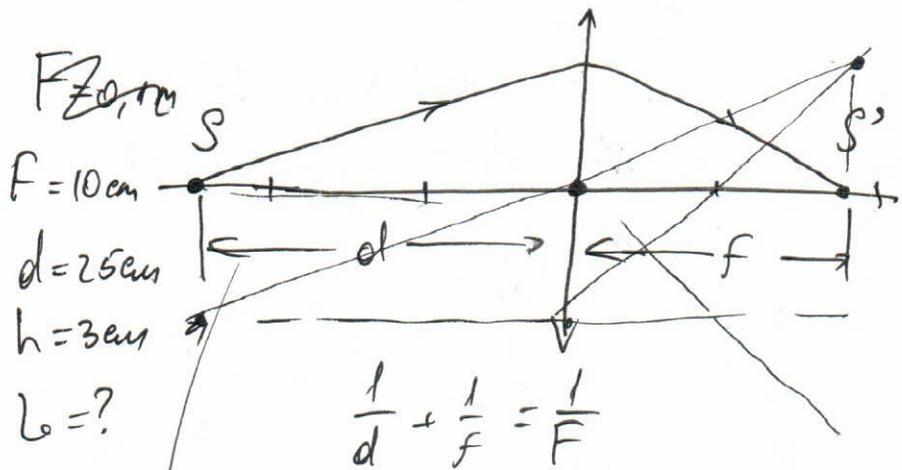
$n$  - частота съёмки (с<sup>-1</sup>)



$$\Delta\phi = B S$$

$$m \omega^2 R = B q \omega R$$

$$m \omega = B q \quad \omega = \frac{m B q}{m}$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{10} - \frac{1}{25} = \frac{5-2}{50}$$

$$f = \frac{50}{3} = 16 \frac{2}{3} \text{ cm}$$

