

+1 лист блз.

0 523872 830006
52-38-72-83
(64.29)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Кирьянова Филиппа Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» ФЕВРАЛЯ 2020 года

Подпись участника

[Подпись]

52-38-72-83
(64.29)

Чистовик

№ 1.1.1.

- Импульс материальной точки — это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения мат. точки, и численно равная произведению на её скорость

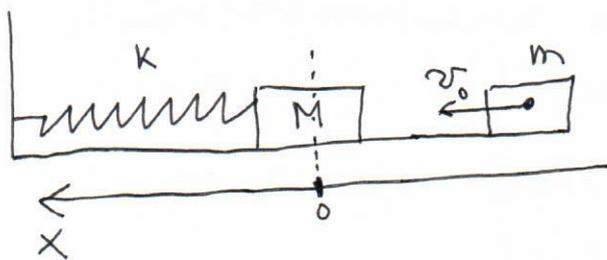
$$\vec{p} = m \vec{v}$$

- Суммарный импульс системы материальных точек можно найти, как векторную сумму импульсов всех материальных точек входящих в эту систему.

$$\vec{P}_Z = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_i \vec{v}_i = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_i$$

- Если сумма всех внешних сил, действующих на материальные точки системы, равна нулю, то суммарный импульс этой системы не изменяется (сохраняется) с течением времени. $\vec{P}_Z = \text{const}$; $\vec{F}_{\text{ex}} = 0$

ЗАДАЧА



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

$$n = \frac{M}{m}$$

Будем считать время удара очень маленьким, т.е. за время удара пружина не успеет сжаться, тогда импульс системы в проекции на ось x сохраняется!

Чистовик

$$\begin{cases} m v_0 = MV - m v & (3 \text{ СИ}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{m v_0^2}{2} = \frac{M V^2}{2} + \frac{m v^2}{2} & (3 \text{ С Э}) \text{ (удар упругий)} \end{cases}$$

v и V скорости брусков m и M сразу после удара соответственно.

$$\begin{cases} v_0 = -v + nV \\ v_0^2 = v^2 + nV^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} nV = v_0 + v \\ nV^2 = (v_0 - v)(v_0 + v) \end{cases}$$

$$\begin{cases} nV = v_0 + v \\ V = v_0 - v \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} n v_0 - n v = v_0 + v \\ V = v_0 - v \end{cases}$$

$$v = \frac{n-1}{n+1} v_0$$

$$V = \frac{2v_0}{n+1}$$

Поскольку колебания гармонические!

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t) \quad (x|_{t=0} = 0)$$

ω — угловая частота этих колебаний

$$\dot{x}(t) = v_x(t) = x_0 \omega \cos(\omega t)$$

$$v_x(0) = x_0 \omega = V \quad \Rightarrow \quad x_0 = \frac{V}{\omega}$$

$$x(t) = \frac{V}{\omega} \sin(\omega t)$$

Числовик

В момент времени $T = \frac{7}{12} T = \frac{7}{12} \frac{2\pi}{\omega} = \frac{7\pi}{6\omega}$
 координаты тел по оси x равны.

$$(-v) \cdot T = x(T)$$

$$-v \cdot \frac{7\pi}{6\omega} = \frac{V}{\omega} \sin\left(\omega \cdot \frac{7\pi}{6\omega}\right)$$

$$-\frac{7\pi}{6} v = V \left(-\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)\right)$$

$$\frac{7\pi}{6} v = \frac{V}{2}$$

$$\frac{7\pi}{6} \frac{n-1}{n+1} v_0 = \frac{2v_0}{2(n+1)}$$

$$n = \frac{6}{7\pi} + 1 ; \quad \pi \approx \frac{22}{7}$$

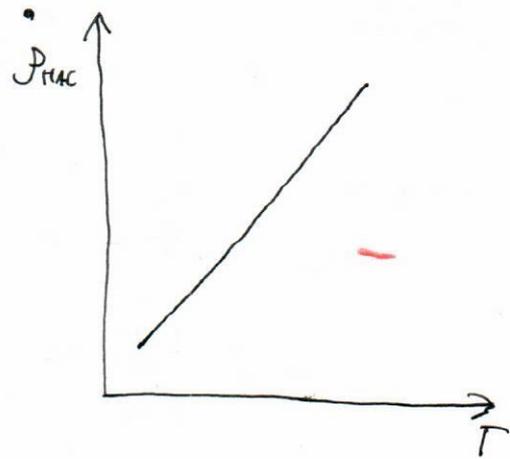
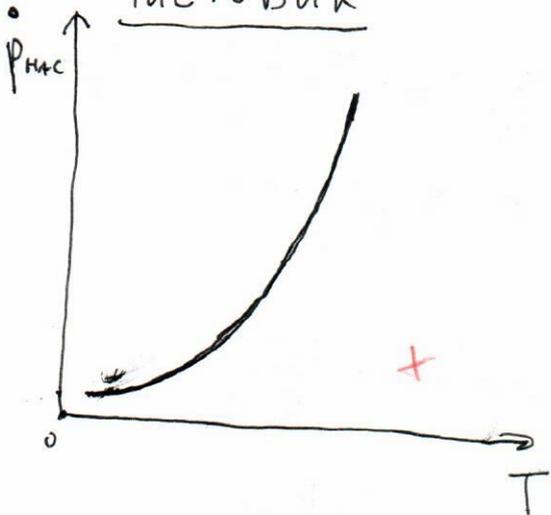
$$n \approx \frac{6 \cdot 7}{7 \cdot 22} + 1 = \frac{28}{22} \approx 1,27$$

Ответ: $n = \frac{6}{7\pi} + 1 \approx 1,27$

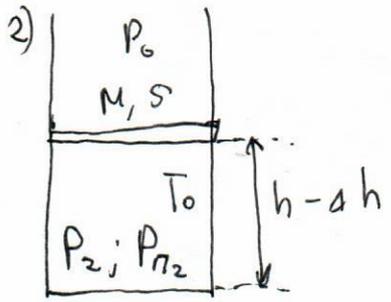
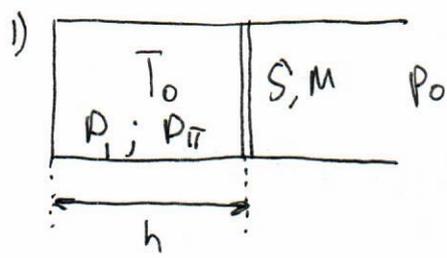
№ 2.4.1

• Насыщенный пар называют паром находящийся в динамической равновесии со своей жидкостью. Это есть кол-во молекул перешедших, в единицу времени, из пара в жидкость равно кол-ву молекул перешедших из жидкости в пар.

Чистовик



ЗАДАЧА



$\Delta m = ?$

- $t = 100^\circ\text{C}$
- $h = 35 \text{ м}$
- $M = 10 \text{ кг}$
- $S = 100 \text{ см}^2$
- $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- $\Delta h = 5 \text{ м}$
- $\mu = 18 \text{ г/моль}$
- $R = 8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$

1) $P_0 = P_1 + P_n$

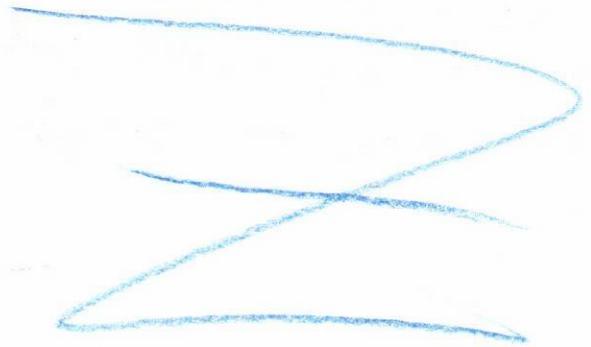
P_1 - парциальное давление сухого воздуха
 P_n - парциальное давление пара.

Поскольку в данной системе пар начал конденсироваться, то $P_{n2} = P_0$

$P_0 + Mg/S = P_2 + P_0 \Rightarrow P_2 = \frac{Mg}{S}$

Из уравнения состояния идеального газа:

- ~~$P_1 h S = \nu R T$~~
- ~~$P_2 (h - \Delta h) S = \nu R T$~~
- ~~$P_n h S = \frac{m_1}{\mu} R T$~~
- ~~$P_0 (h - \Delta h) S = \frac{m_2}{\mu} R T$~~



52-38-72-83
(64.29)~~Вариант № 1~~

$$P_1 h S = P_2 (h - \Delta h) S$$

$$P_1 h = \frac{Mg}{S} (h - \Delta h) \Rightarrow P_1 = \frac{Mg}{Sh} (h - \Delta h)$$

$$P_{\pi} = P_0 - P_1 = P_0 - \frac{Mg}{Sh} (h - \Delta h)$$

$$P_{\pi} h S = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$h S \cdot \left(P_0 - \frac{Mg}{Sh} (h - \Delta h) \right) = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$P_0 h S - Mg (h - \Delta h) = \frac{m_1 RT}{\mu}$$

$$m_1 = \frac{\mu}{RT} (P_0 h S - Mg (h - \Delta h))$$

$$m_2 = \frac{\mu}{RT} \cdot P_0 S (h - \Delta h)$$

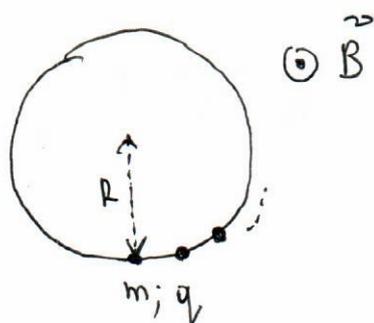
$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{\mu}{RT} (P_0 h S - Mg (h - \Delta h) - P_0 h S + P_0 S \Delta h)$$

$$\Delta m = \frac{\mu}{RT} (P_0 S \Delta h - Mg (h - \Delta h)) = \frac{18}{8,3 \cdot (100 + 273)} \cdot$$

$$\cdot (10^5 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} - 10 \cdot 10 \cdot (35 - 5) \cdot 10^{-2}) =$$

$$= \frac{18}{8,3 \cdot 373} (50 - 30) = \frac{3600}{30959} \approx 0,1162.$$

$$\text{ОТВЕТ: } \Delta m = \frac{\mu}{RT} (P_0 S \Delta h - Mg (h - \Delta h)) \approx 0,116(2).$$

Чистовик№ 3.7.1

$$N = 100$$

$$m = 10 \text{ мг}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$B_0 = 100 \text{ Тл}$$

$$n = ?$$

При выключении магнитного поля оно будет уменьшаться от B_0 до нуля и тем самым будет происходить вихревое электрическое поле которое будет покручивать кольцо.

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$E \cdot 2\pi R = - \frac{(0 - B_0) \pi R^2}{\Delta t}$$

$$E = \frac{B_0 R}{2\Delta t}$$

$$\epsilon_e m \pi R^2 = E q \pi R$$

ϵ_e - угловое ускорение кольца.

$$\epsilon_e m R = E q$$

$$\epsilon_e m R = \frac{B_0 R q}{2\Delta t} \Rightarrow \epsilon_e = \frac{B_0 q}{2m\Delta t}$$

Конечную и максимальную угловую скорость которую приобретет кольцо!

$$\omega = \epsilon_e \Delta t$$

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

ЧИСТОВИК№ 4, 10. 1

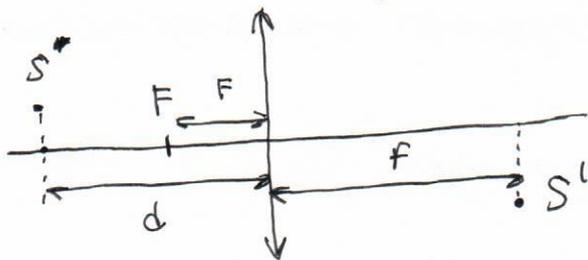
$$\bullet \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F} \quad \text{Формула тонкой линзы.}$$

F - это расстояние от оптического центра линзы до её главного фокуса. Знак "+" ставят в том случае, если линза собирающая, а знак "-" если линза рассеивающая.

d - расстояние от источника до оптического центра линзы (по главной оптической оси)

f - расстояние от изображения до оптического центра линзы (по главной оптической оси)

$f > 0$ изображение действительное
 $f < 0$ изображение мнимое.



$$\bullet \quad \Gamma = \frac{|f|}{d} \quad \text{- увеличение линзы.}$$

$$\Gamma = \left| \frac{F}{d - F} \right|$$

ЗАДАЧА

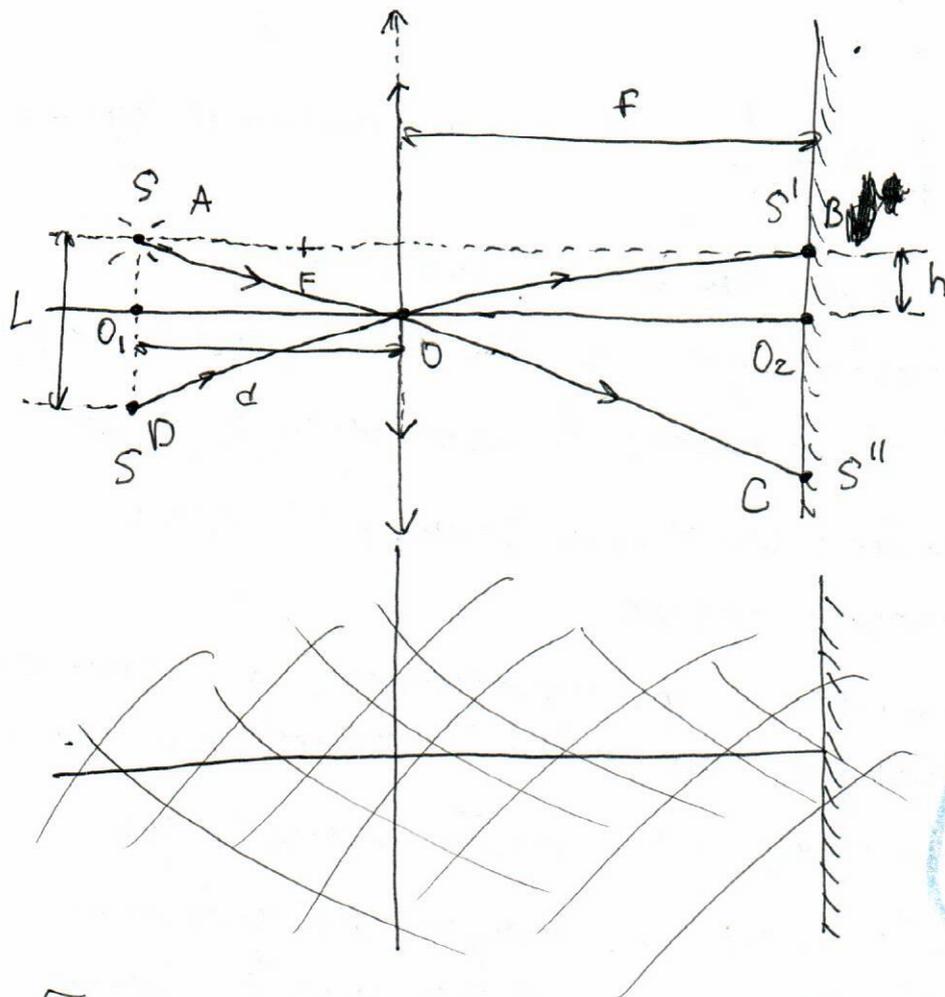
$$\begin{array}{l} F = 10 \text{ см} \\ d = 25 \text{ см} \\ h = 3 \text{ см.} \\ \hline L = ? \end{array}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d - F}{Fd}$$

$$\Rightarrow f = \frac{Fd}{d - F}$$

Чистовик



- Пусть линзу смещают на расстояние h вниз
- Лучи AC и DB пересекаются через центр не преломляются.
- Пусть источник перемещают из точки A в точку D, так что $BO_2 = h$

Так как $O_1O = d$; $OO_2 = f$; $O_1D = L - h$,
 то из подобия треугольников $\triangle OO_1D$ и $\triangle OO_2B$ следует, что:

$$\frac{L - h}{d} = \frac{h}{f}$$

Чистовик

$$\frac{L-h}{d} = \frac{h(d-F)}{Fd}$$

$$L = \frac{hd}{F} = \frac{3 \cdot 25}{10} = 7,5 \text{ (м.)}$$

Ответ: $L = \frac{hd}{F} = 7,5 \text{ м.}$

Чистовик

Кольцо будет казаться неподвижным, если его частота вращения совпадает с частотой света

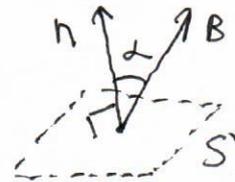
$$n = \nu$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{B_0 \nu}{4\pi m}$$

$$n = \frac{100 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \approx 0,08$$

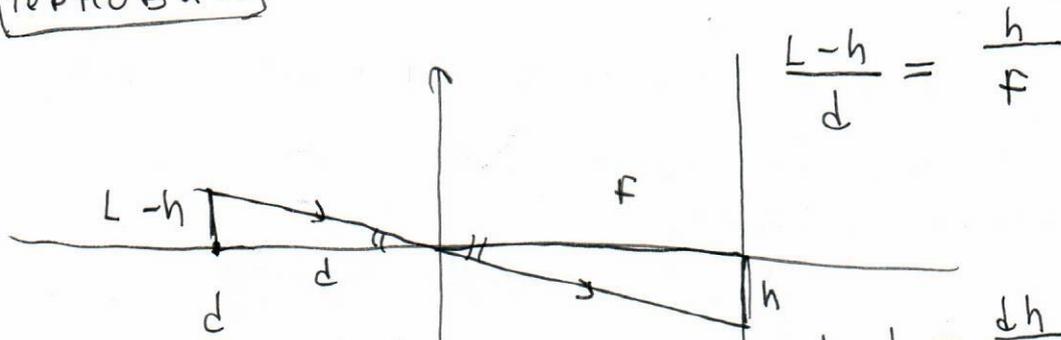
Ответ: $n = \frac{B_0 \nu}{4\pi m} \approx 0,08$

- Магнитный поток через некоторую поверхность называют произведение модуля вектора индукции на площадь этой поверхности на косинус угла между вектором индукции и вектором норми к поверхности
- $$\Phi = (\vec{B}; \vec{n}S) = |\vec{B}| \cdot S \cdot \cos \alpha$$

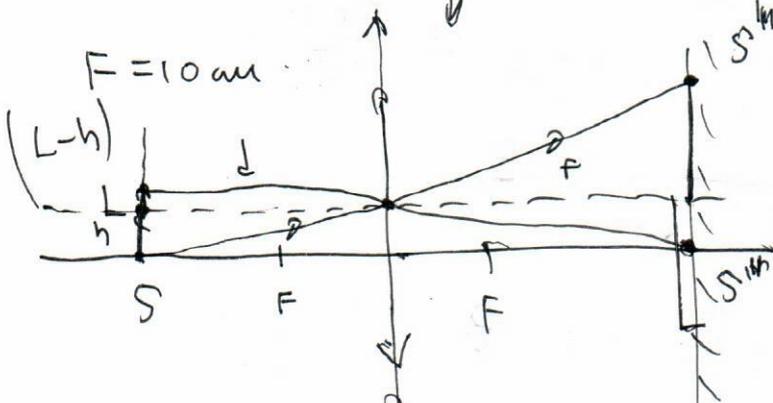


- Явление электромагнитной индукции заключается в появлении электрического тока при изменении во времени внешнего магнитного поля или при движении материальной среды во внешнем магнитном поле.
- Формула!

Черновик



$$\frac{L-h}{d} = \frac{h}{f}$$



$$L-h = \frac{dh}{f}$$

$$L = \frac{dh}{f} + h$$

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

$$L = \frac{h(d-f)d}{fd}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

$$p = \frac{fd}{d-f}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$$

$$p = \frac{10}{25-10} = \frac{10}{15} = \frac{10}{15}$$

373

8,3

373

8,3

$$\frac{18}{360} = 0$$

$$\frac{d}{d-f} = \frac{h}{L-h}$$

$$dL - dh = dh - hF$$

$$dL = h(2d - F)$$

$$\frac{7\pi}{6} \frac{n-1}{n+1} 20 = \frac{200}{2(n+1)}$$

100

$$\frac{18}{36}$$

d

56

24

75

10

7,5

11 19

2984

30959,02

3600

18.20

36

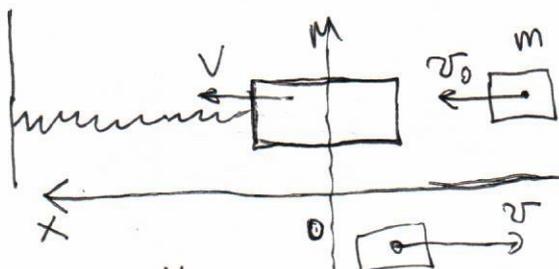
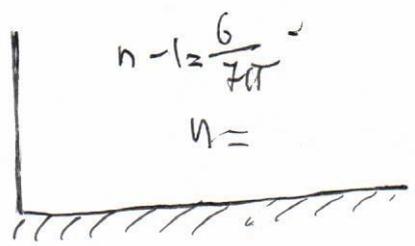
3095,2

$$\frac{h}{d-h} = \frac{F}{d-f}$$

$$hd - hF = Lf - fh$$

$$L = \frac{hd}{f} = \frac{3 \cdot 25}{10}$$

Черновик



$$\pi \approx \frac{21}{22} \frac{6+22}{22} = \frac{28}{22} \frac{V}{\omega}$$

$$x_0 \omega = V \quad x(t) = \frac{V}{\omega} \sin \omega t$$

$$\dot{x}(t) = X_0 \sin(\omega t)$$

$$\ddot{x}(t) = X_0 \omega \cos \omega t$$

$$n = \frac{M}{m}$$

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

$$m v_0^2 = m v^2 + M V^2$$

$$v_0^2 = v^2 + n V^2$$

$$-m v_0 = m v - M V$$

$$-v_0 = v - n V$$

$$n V = v + v_0$$

$$n V^2 = v_0^2 - v^2$$

$$n V = \frac{v_0^2 - v^2}{v + v_0} = (v_0 - v)(v_0 + v)$$

$$v_0 - v = V$$

$$v_0 = v + V$$

$$n V = v + v_0$$

$$n V = v_0 - V + v_0$$

$$2 n V = 2 v_0 - V$$

$$V = \frac{2 v_0}{n+1}$$

$$v = v_0 - \frac{V}{n+1} = \frac{(n+1)v_0 - v_0}{n+1} = \frac{n v_0}{n+1}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$K x^2 + M \dot{x}^2 = E_0$$

$$M \ddot{x} + K x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{K}{M}$$

$$t = \tau = \frac{1}{\omega}$$

$$-v_0 \tau = x(1)$$

$$\frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi} T$$

28
22
n v
28 | 22
22 | 1,
60

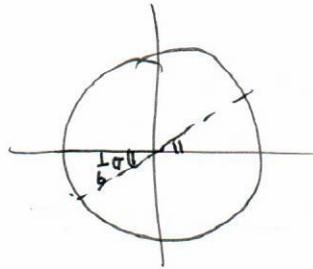
28 | 22
60 | 1, 27
-44
160
154
2620
6
132

$$v = v_0 - \frac{2v_0}{n+1} = \frac{2v_0 + 2v_0 - 2v_0}{n+1} = \frac{n v_0}{n+1}$$

Черновик

$$-v\tau = x(\tau)$$

$$-v\tau = \frac{v}{\omega} \sin\left(\omega \cdot \frac{2\pi \tau}{12}\right)$$



$$-v\tau = \frac{v}{\omega} \sin\left(\frac{7}{6}\pi\right)$$

$$-v\tau = -\frac{v}{\omega} \sin\left(\frac{1}{6}\pi\right)$$

$$v \frac{2\pi \tau}{12} = \frac{v}{\omega} \frac{1}{2}$$

$$\tau = \frac{2\pi \tau}{\omega 12} = \frac{7\pi}{6\omega}$$

$$P = PV = \frac{VAT}{M AT}$$

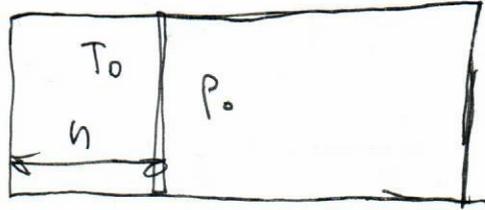
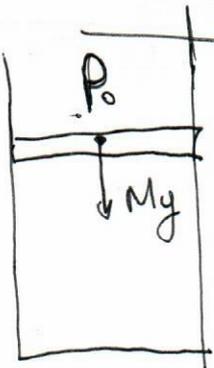
$$P = \frac{7\pi v}{6\omega} = \frac{v}{\omega} \frac{1}{2}$$

$$P = \frac{7\pi}{3} \frac{n-1}{n+1} 2\% = \frac{2 \cdot 2\%}{n+1}$$

$$\sigma = 7\pi(n-1)$$

$$(n-1) = \frac{6}{7\pi}$$

$$n = \frac{6}{7\pi} + 1$$



$$PV = VAT$$

$$P = P_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$- P_0 = P_c + P_n$$

$$P_0 V_0 = (V_n + V_g) AT$$

1	1
1256	1256
1300	1300
1256	13
8	70
00791	21
13	13
1256	1256
7	7
8792	8792
1256	1256
8	8



Черновик

$$pV_0 = \nu_0 RT$$

$$\frac{mg}{S} V = \nu RT$$

$$pV_0 = \nu RT$$

$$\frac{mg}{S} V = p V_0$$

$$p_0 + \frac{mg}{S} = p' + p_0$$

$$p' = \frac{mg}{S}$$

$$p_0 V = \frac{m}{\mu} RT$$

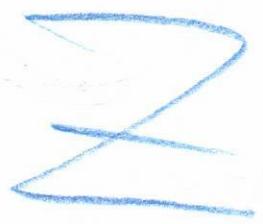
$$\frac{p_0 (h - \Delta h) S \mu}{RT}$$

$$p_n V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$F = pS$$

$$mg(h - \Delta h) S$$

$$mg(h - \Delta h) = p_c h S$$



$$p_n = p_0 - p_c$$

$$p_n h S = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$(p_0 - p_c) h S = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$p_0 h S - p_c h S = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$p_0 h S - mg(h - \Delta h) = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$\Delta m = m_0 - m = \frac{\mu}{RT} (p_0 h S - mg(h - \Delta h) - p_0 (h S - \Delta h S))$$

$$\frac{\mu}{RT} (p_0 h S - mgh + mg\Delta h - p_0 h S + p_0 \Delta h S)$$

$$p_0 = p_1 + p_n$$

$$p_1 h S = \nu RT = p_2 (h - \Delta h) S$$

30 м.

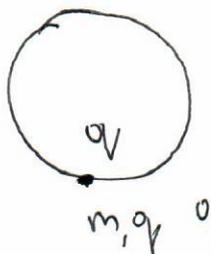
$$p_1 h = p_2 (h - \Delta h)$$

$$10 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 10^{-2}$$

36000 30.959
 30959 0.116
 50.410 -13
 30959
 194.510
 186000

18 20.18 -30
 36 20.18 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-2}
 0,12 \cdot 2 \cdot 373 \cdot 8,3 1.50 -30
 18 \cdot 186

Черновик

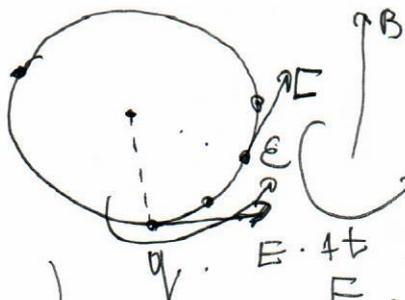


⊙ B

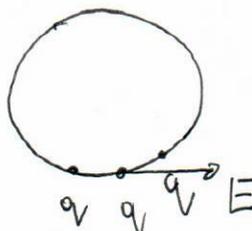
$$\oint E dl = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$10000 \left| \frac{1.256}{0,0} \right.$$

$$\frac{B_0 S}{\Delta t} = E$$



$$2E = \frac{B_0 R}{\Delta t}$$



n = J

$$E \cdot 2\pi R = \frac{-(0 - B_0) \pi R^2}{\Delta t}$$

$$\boxed{EI = M}$$

$$J = \frac{2\pi R}{2\pi} = \frac{1}{1}$$

$$2E = \frac{B_0 R}{\Delta t}$$

$$\boxed{\frac{m R^2}{2\pi}}$$

$$I = \frac{m R^2}{2\pi}$$

E E

$$T = \frac{2\pi R}{2\pi} = \frac{1}{1}$$

$$W = \frac{2\pi}{R}$$

$$2\pi J = \frac{2\pi}{R}$$

$$\boxed{EI = M}$$

$$J = 2\pi R$$

$$W = \frac{2\pi}{R}$$

$$W = 2\pi J = \frac{2\pi}{R}$$

12,56

10

$$\frac{12}{100} E = \frac{\pi B_0 R}{2 \Delta t}$$

$$\boxed{W = C \Delta t = 2\pi J}$$

3,4 \cdot 10^{-4}

$$ERM = Et$$

$$E \left[\frac{m}{c^2} \right] E q = ER$$

$$\epsilon m W R^2 = E q$$

$$\epsilon m R N = E q$$

4 \cdot 3,14

$$\epsilon \cdot m R = \frac{B_0 R q}{2 \Delta t}$$

$$W = \frac{B_0 q}{2\pi}$$

3,144

$$E = \frac{B_0}{2m \Delta t} = 2\pi W$$

$$W = 2\pi V$$

$$\boxed{n = J = \frac{B_0 q}{4\pi m}}$$

$$\frac{B_0 q \Delta E}{2m \Delta t} = 2\pi V$$

$$\frac{100 \cdot 10^{-17}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}$$

$$\frac{B_0 q}{2m} = 2\pi V$$