0 119500 200008

11-95-00-20
(64.13)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Виноградова Даниил Олеговича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

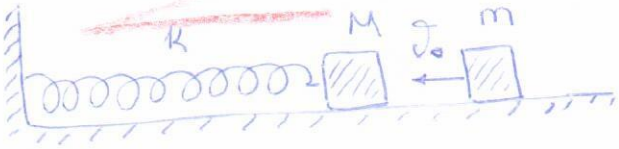
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

11-95-00-20
(64.13)

① m, M, $t = \frac{7}{12}T$, $n = \frac{M}{m}$, $n = ?$



1) После упругого соударения:

• ~~ЗСЭ~~ Закон. сохр. энергии: $Q = 0$ (системы) (при упругом соударении)

1) ЗСИ: OX: $m\vartheta_0 = MU - m\vartheta_1$

$m(\vartheta_0 + \vartheta_1) = MU$

$\boxed{\vartheta_0 + \vartheta_1 = nU}$

• Закон сохранения импульса для системы „M+m":

2) Энергия системы сохраняется; пружина не успела мгновенно сжаться.

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{MU^2}{2} + \frac{m\vartheta_1^2}{2} \quad \Big| \cdot 2$$

$$m\vartheta_0^2 = MU^2 + m\vartheta_1^2$$

$$m(\vartheta_0^2 - \vartheta_1^2) = MU^2$$

$$\begin{cases} (\vartheta_0 - \vartheta_1)^{\cancel{2}}(\vartheta_0 + \vartheta_1) = nU^2 \\ \vartheta_0 + \vartheta_1 = nU \end{cases} \quad (\vartheta_0 - \vartheta_1)\cancel{nU} = \cancel{n}U^2$$

$$\boxed{\vartheta_0 - \vartheta_1 = U}$$

• $\vartheta_1 = \vartheta_0 - U$

• $\boxed{\vartheta_1 = \vartheta_0\left(1 - \frac{2}{n+1}\right) = \vartheta_0\left(\frac{n-1}{n+1}\right)}$

$$\begin{cases} \vartheta_0 - \vartheta_1 = U \\ + \ \vartheta_0 + \vartheta_1 = nU \end{cases}$$

$2\vartheta_0 = (n+1)U \Rightarrow \boxed{U = \frac{2\vartheta_0}{n+1}}$

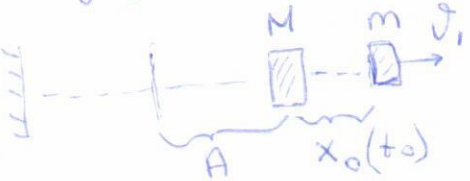
3) Тело массой M было в положении равновесия, то есть $x_{пр} = 0$; $U = \frac{2\vartheta_0}{n+1}$ максим. ск-ть для колебательной системы.

A - амплитуда

• $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$ • $U = U_{max} = A \cdot \omega = A \cdot \frac{2\pi}{T} = A \cdot \sqrt{\frac{K}{M}}$.

4) Рассмотрим движение тел до столкновения:

в ① ситуации тело „N" не догонит „m", значит.



• $\begin{cases} „M": S_M = 2A + x_0 \\ „m": x_0 = \vartheta_1 \cdot t. \end{cases}$

	1	2	3	4	W
	6	8	12	10	31
	5	14	13	15	57
	3				

91

• $x = x(t) = A \cdot \sin\omega t$ (для колеблющегося тела)

• Движение „М": $t_M = \frac{2T}{4} + t_0 = t$

$$\frac{7}{12}T = \frac{T}{2} + t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{7}{12}T - \frac{T}{2}$$

$$\boxed{t_0 = \frac{T}{12}}$$

• $x_0 = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12}\right)$

$x_0 = A \sin\frac{2\pi}{6} \Rightarrow \boxed{x_0 = \frac{\sqrt{3}}{2}A}$

5) $\frac{\sqrt{3}}{2}A = x_0 = \vartheta_1 \cdot \frac{7}{12}T \Rightarrow \boxed{A = \frac{7\vartheta_1 T}{6}}$

• $4 \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{7}{6} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \vartheta_1$

$\frac{2\vartheta_0}{n+1} = \frac{7}{3}\pi \cdot \vartheta_0\left(\frac{n-1}{n+1}\right)$

15

$6 = 7\pi(n-1)$

$\frac{6}{7\pi} = n - 1 \Rightarrow \boxed{n = 1 + \frac{6}{7 \cdot \pi}}$

Ответ: $n \approx \frac{9}{7}$ $\left(n = 1 + \frac{6}{7\pi}\right)$

• $n \approx 1 + \frac{6}{7 \cdot 3} \approx \frac{9}{7}$

Вопрос.

• Импульс материальной точки определяется векторной суммой всех действующих сил на тело. То есть $\vec{R}_\Sigma \cdot \Delta t = \Delta\vec{p}$. $\boxed{\vec{R}_\Sigma \cdot t = \vec{p}}$

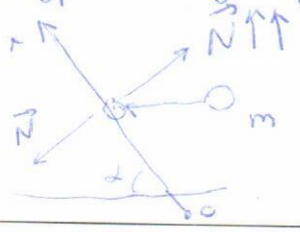
6

• Существует 3 вида сохранения импульса для тела (системы тел).

1) Если тело движется равномерно, то $\Sigma\vec{F} = 0$, значит $\vec{p} = \overrightarrow{const} = m\vec{\vartheta}$.

2) Если на тело действует сила, которая не меняет резко своей величины (например $F_{тяж} = mg$) $R_\Sigma \cdot \Delta t = \Delta p$; то за малый промежуток времени эта сила не дает вклада в изменение p. Значит $p = const$.

3) В процессе движения возникают силы резко возрастающие (например. N во время соударения), то импульс сохраняется на определенную ось, которая перпендикулярна резко возр. силе $p_x = const$.

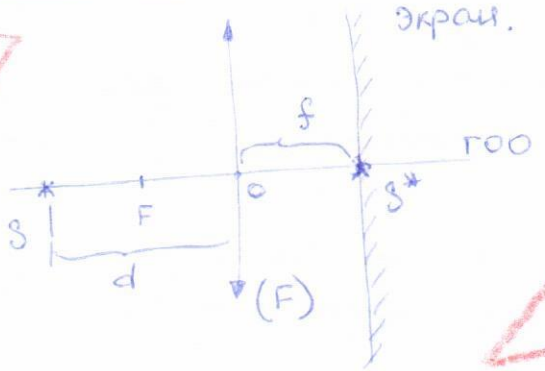


11-95-00-20
(64.13)

• Закон сохранения импульса тела (системы). Импульс тела сохраняется в процессе своего движения, при котором $\vec{R}_{внеш} + \vec{R}_{внут} = 0$ действия внешних и внутренних сил скомпенсировано или (отсут) не оказывает действия на изменение скорости на определенную ось. $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

(4)

$F = 10$ см.
$d = 25$ см
$h = 3$ см
$L = ?$

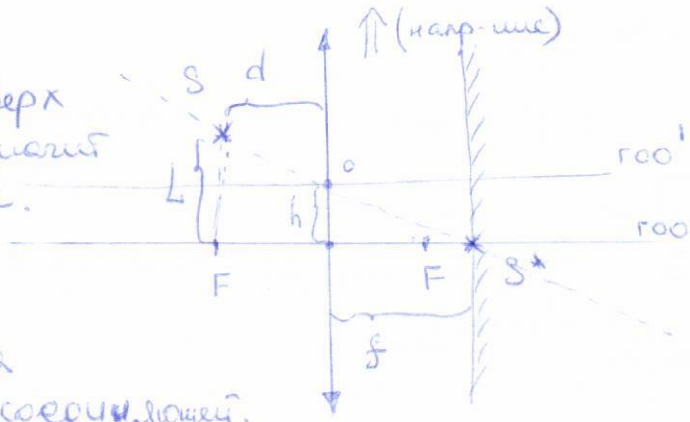


1) Когда точечный источник S расположен на $d = 25$ см, то изображение S^* попадет в точку на экране (по условию изобр. четкое). Значит экран находится на рас-нии f.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (d > F) \Rightarrow \boxed{f = \frac{dF}{d-F}} \; ; \; \Gamma = \frac{F}{d-F} = \frac{f}{d}$$

• $\boxed{\frac{d}{f} = \frac{1}{\Gamma} = \frac{d-F}{F}}$

2) Линзу сместили вверх перпендикулярно ГОО, значит сместился центр линзы. Точечный источник, центр линзы и изобр. точечного источника должны лежать на одной прямой, их соединяющей.



• По геометрии рисунка видно, что треугольники подобны, а значит $\boxed{\frac{h}{L} = \frac{f}{f+d}}$

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

• Горизонтальных смещений источника S не может быть, т.к. $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ (не изменяется)

$f = const$; $F = const \Rightarrow d = const$, L - смещение по вертикали

• $L = h\left(1+\frac{d-F}{F}\right) = h\left(\frac{\cancel{F}+d-\cancel{F}}{F}\right) = h\cdot\frac{d}{F} = \frac{\cancel{25}^{5}\text{см}\cdot 3\text{см}}{\cancel{10}_{2}\text{см}} =$

Ответ: $L = h\cdot\frac{d}{F} = 7{,}5\text{см}$ $= 7{,}5\text{см}$

Вопрос. $\pm\frac{1}{d}\pm\frac{1}{f}=\pm\frac{1}{F}$

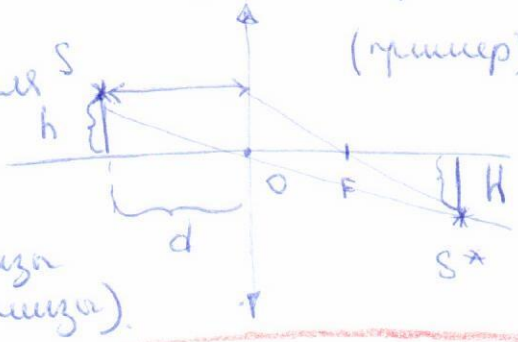
• Тонкая линза – линза, чья толщина меньше (гораздо) фокусного ра-ния.

• d – расстояние от предмета до плоскости линзы

• f – расс-ние от изображения предмета до плоскости линзы

• F – фокусное рас-ние линзы (определяется свойствами линзы).

(пример)



• $\Gamma(\text{увеличение}) = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$

• Г – увеличение, то есть отношение поперечных размеров предмета к изображению или отношение d и f.

• ± d: знаки определяются в зависимости от мнимости или действительности предмета для линзы. (действ. / мнимое)

• ± $\frac{1}{f}$ – зависит от расположения изобр. предмета в линзе. (действ. / мнимое)

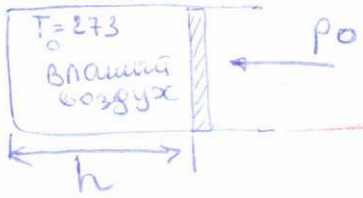
• ± $\frac{1}{F}$ → зависит от оптической силы линзы (ее свойств). (собир. линза / рассеив. линза)

11-95-00-20 (64.13)

(2)

$T_0 = 273K$.
$h = 35см$
$\Delta h = 5см$
$\Delta m = ?$

1)



• В начале $p_{п_1} \neq p_0$, иначе было бы $p_{св_1} = 0$ (такого не может быть).

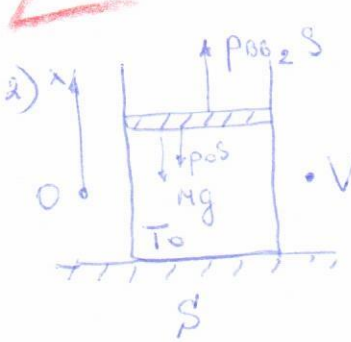
1) • $p_{вв_1} = p_{св_1} + p_{п_1} = p_0$, т.к. поршень не оказывает действия на влажный воздух.

• $p_{св_1} = \frac{\nu R T_0}{Sh}$; ν – кол-во газов в воздухе, кроме пара.

$V_0 = Sh$

• $\nu_{п_1}$ – кол-во пара в начале

2)



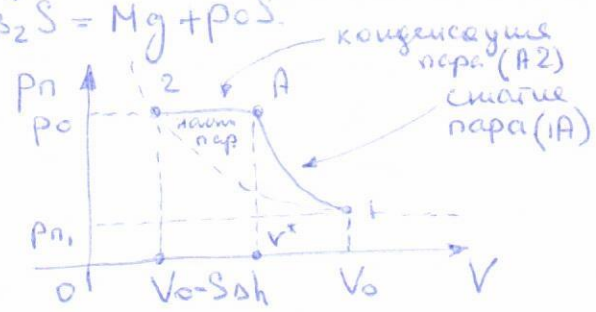
• $V_2 = V_0 - S\Delta h$.

• Система в покое.
По 2ЗН для поршня:
OX: $p_{вв_2} S = Mg + p_0 S$.

• $p_{вв_2} = p_{св_2} + p_{п_2}$

$\frac{Mg}{S} + p_0 = p_{св_2} + p_{п_2}$.

4)



• По ур-нию Менделеева-Клапейрона: для газов с (1):

$$\begin{cases} p_{св_2} \cdot (V - S\Delta h) = \nu R T_0 \\ p_{св_1} \cdot V_0 = \nu R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_{св_2}(V_2)}{p_{св_1} V_0} = 1$$

$$p_{св_2} = \frac{p_{св_1} V_0}{V_2}$$

3) Допустим, что пар в конце (1A) ненасыщенный.

$$\frac{p_{п_2} \cdot V_2^*}{T_0} = \frac{p_{п_1} V_0}{T_0}$$

$$p_{п_2} = \frac{p_{п_1} V_0}{V_2} \Rightarrow p_{п_2} > p_{п_1}$$

• $\frac{Mg}{S} + p_0 = \frac{p_{св_1} V_0}{V_2} + \frac{p_{п_1} V_0}{V_2}$

$$\frac{Mg}{S} + p_0 = \frac{V_0}{V_2}\underbrace{(p_{св_1} + p_{п_1})}_{p_0}$$

$$V_2^* = \frac{\cancel{\frac{Mg}{S}} + \cancel{p_0}\ p_0 V_0}{\frac{Mg}{S} + p_0}$$

$V_2^* < V_0$ (то есть объем постепенно уменьшался).

5) $\begin{cases} p_{п_1} \cdot V_0 = \nu_{п_1} R T_0 \text{ для (1)} \\ p_0 \cdot (V_0 - S\Delta h) = \nu_{п_2} R T_0 \text{ для (2)} \end{cases}$

• $\Delta m = \nu_{п_1} - \nu_{п_2}$.

• $p_{п_1} V_0 - p_0(V_0 - S\Delta h) = \Delta m R T_0$

• $\begin{cases} p_{п_1} = p_0 - p_{св_1} \Rightarrow p_{св_1} = p_0 - p_{п_1} \\ \frac{p_{св_1} V_0}{V_0 - S\Delta h} = \frac{Mg}{S} + \cancel{p_0} - \cancel{p_0} \end{cases}$

$\Downarrow$

• $\frac{V_0 - S\Delta h}{V_0} = \frac{p_0 - p_{п_1}}{\frac{Mg}{S}}$

$\frac{S(h - \Delta h)}{V_0} = \frac{(p_0 - p_{п_1}) S}{Mg} \Rightarrow p_{п_1} = p_0 - \frac{Mg(h - \Delta h)}{V_0}$

6) $\left(p_0 - \frac{Mg(h-\Delta h)}{V_0}\right)V_0 - p_0(V_0 - S\Delta h) = \Delta m R T_0$

$p_0V_0 - Mg(h-\Delta h) - p_0V_0 + p_0S\Delta h = \Delta m R T_0$

• $\Delta m = \frac{p_0S\Delta h - Mg(h-\Delta h)}{RT_0}$

• $\Delta m = \frac{10^8 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-2} - 100 \cdot 30 \cdot 10^{-2}}{8{,}3 \cdot 273}$ кг $= \frac{20 \text{ г}}{8{,}3 \cdot 273} \approx 8{,}7$ г ≈ 9 г

14

верно

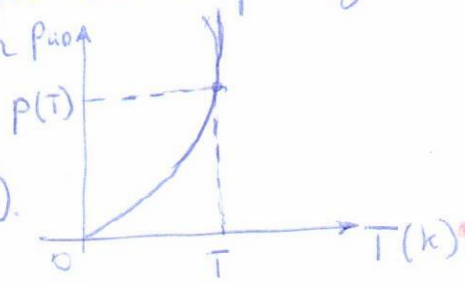
неточно

Ответ: $\Delta m \approx$ ~~8г~~. 9г

Вопрос 1) Насыщенный пар – пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

+

2) Давление насыщенного пара зависит лишь от темп-ры $p_{нп} \sim T$.
(прямопропорционально).

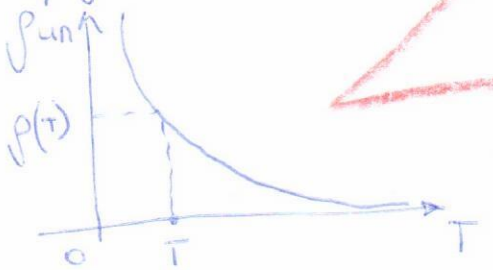


+

3) $pV = \nu RT$

$p = \frac{m}{V\mu}RT \Rightarrow p = \frac{\rho RT}{\mu} \Rightarrow \rho = \frac{p\mu}{RT}$

• Плотность обратно пропорциональна температуре $\rho_{нп} \sim \frac{1}{T}$



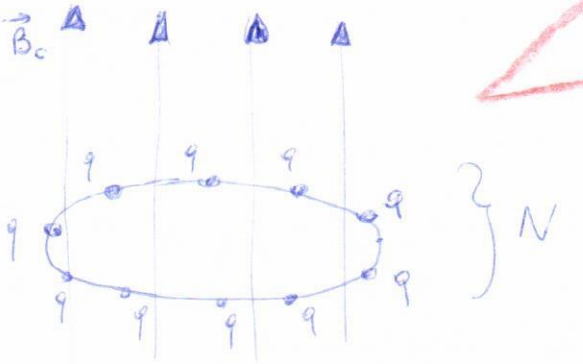
–

8

③

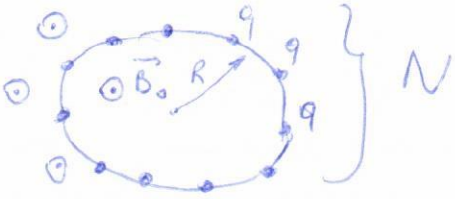
$N = 100$
$m = 10$ мг
$q = 10^{-7}$ Кл
$B_0 = 100$ Тл
$n = \frac{1}{T}$ $\left[\frac{\text{кадров}}{\text{секунду}}\right]$
(T — период)
$n_{max} = ?$

кинокамера

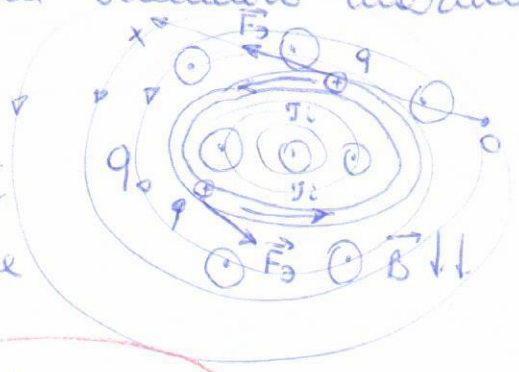


1) Вид сверху

$\downarrow\downarrow B_0 \to 0$
(выключение)



1) Кольцо можно представить в виде равномерно заряженного проводника, в котором возникает индукционный ток при изменении внешнего магнитного поля (только при вращении)



вихревое ЭП.

$q_\Sigma = q_0 = q \cdot N$

• Возникает вихревое электрическое поле, которое двигает заряды по кольцу

• $\mathcal{E}_i = |\varphi|' = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \cdot \cancel{N}$

$|\varphi|' = -S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos\alpha = -B' \cdot S \cos\alpha \quad (\alpha = 0°)$

• $-B'S = q' \cdot R$
R — сопротивление

~~$\mathcal{E}_i = J_i$~~ $\boxed{-\frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S = \frac{A_{ст}}{\cancel{N} \cdot q} = \frac{E q \Delta l}{\cancel{N} q} = \frac{E \Delta l}{\cancel{N}}}$

$\boxed{-\Delta B S = \frac{E \Delta t \Delta l}{\cancel{N}}}$ для одного заряда

• По 2-ому з-ну Ньютона: Ox: $Eq = ma$

• $T = \frac{1}{n} = \Sigma \Delta t$. (время, за которое изменяется магнитное поле)

$\begin{cases} Eq \cdot \Delta t = m \Delta v \\ -\Delta B \cdot S = E \Delta t \Delta l \end{cases}$

• $\mathcal{E}_i = \Phi' = B_0 S \cdot \frac{1}{T}$, $\alpha = 0°$, то есть $\cos\alpha = 1$.

$\mathcal{E}_i = E \cdot 2\pi R$. $\Rightarrow \boxed{E = \frac{\mathcal{E}_i}{2\pi R} = \frac{B_0 S}{T 2\pi R} = \frac{B_0 \cdot \pi R^2}{T 2\pi R} = \frac{B_0 R}{2 \cdot T}}$

• $NEq = ma \cdot N$

$\frac{1}{N} \frac{B_0 R}{T \cdot 2} \cdot q = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\frac{1}{N} \frac{B_0 R}{T 2} q = m\omega R \Rightarrow \frac{N B_0 q \cdot n}{2} = m\omega \cdot N$

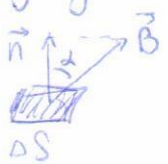
$\omega = \frac{2\pi}{t}$; t - один период.

$n_{max} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot mN}{B_0 q \cdot T} = \boxed{\frac{4\pi mN}{B_0 q}}$ магнитная индукция

• (Ф) Циклотрон будет сниматься с max (n) при $\omega = const$.

Ответ: 1256 Гц

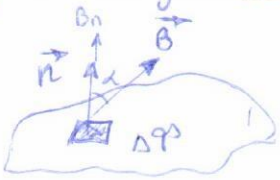
Вопрос. Магнитный поток – поток, пронизывающий замкнутый проводящий контур.



• $\Phi = BS\cos(\vec{n}, \vec{B})$

• В результате его изменения $\Delta\Phi \uparrow\downarrow$ в замкнутом контуре возникает вихревое электрическое поле, вследствие движения зарядов по контуру.

• По закону электромагнитной индукции $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, при изменении магнитного потока через замкнутую поверхность в контуре возникает электродвижущая сила, которая способствует движению зарядов. Возникает вихревое ЭП.



• $\Delta\Phi = \Delta B_n \cdot \Delta S$

• $\mathcal{E}_i = -\Phi' = \frac{A_{ст}}{q}$

$-B'S\cos\alpha = \frac{Eq \cdot \Delta l}{q} = E\Delta l$.

$\mathcal{E}_i = \boxed{\Phi' = \sum E\Delta l}$ (по св-ву теоремы Гаусса).

Черновик.

$\mathcal{E}_{ei} = -B'S = \sum E \Delta t$

$-B'S = E \Delta t$

200

$83 \cdot 273$

$+\frac{B_0}{t} \cdot S = E \cdot 2\pi R$

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

$\frac{B_0 \cdot \pi R^2}{t} = E \cdot 2\pi R$

$\frac{B_0 R}{2t} \cdot q = m\omega R \cdot 200$

$\frac{B_0}{2t} \cdot q = m\omega \cdot 83 \cdot 273$

17

4

$\begin{array}{r} 17 \\ \times 27 \\ \hline 119 \\ 34 \\ \hline 459 \end{array}$

$\begin{array}{r|l} 200 & 83 \\ -166 & 2,4 \\ \hline 340 & \\ 332 & \\ \hline 80 & \end{array}$

$\frac{4'}{459}$

112

$\frac{2,4}{273} = \frac{24}{2730}$

1

$24 \,|\, 2730$

$\begin{array}{r|l} 24000 & 2730 \\ -21840 & 0,0087 \\ \hline 21600 & \\ 19110 & \\ \hline 0 & \end{array}$

$4 \cdot 3,1$

$\begin{array}{r} 314 \\ 4 \\ \hline 4\,|\,1256 \end{array}$

$\frac{B_0 q}{2t} = N \cdot m \cdot \omega$

$314 \cdot 4$

$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{100 \cdot 10^{-7}}$

Черновик

$E = \frac{\mathcal{E}_i}{2\pi R} = \frac{B_0 \pi R^2}{2\pi R} = \frac{B_0 R}{2}$

$\mathcal{E}_i =$

$Eq = ma$

$Eq = ma$

$\mathcal{E}_i = \Sigma E \cdot \Delta l = E \Sigma \Delta l$

$\mathcal{E}_i = B_0 S = \pi R^2$ $\quad E \cdot 2\pi R$

$Eq = m\omega R$

$\frac{B_0 R}{2} \cdot q = m \cdot \frac{2\pi}{T} R$

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

$n = \frac{B_0 q \cdot N}{4\pi m}$

$\mathcal{E}_i = \Sigma E \cdot \Delta l$

$\frac{2m\pi}{Nq}$

$Eq = ma$

$Bq = \frac{2m\pi}{N} B + R^2 \cdot q = \frac{2\pi R}{100} \cdot 8$

$\frac{NB_0 q \cdot n}{2} = m \frac{2\pi}{T}$

$Eq = ma$

$a = \omega R$

$\frac{NB_0 q \cdot n}{2} =$

$n = \frac{1}{T}$

$T = \frac{1}{n}$