0 125230 980004

12-52-30-98
(66.23)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Васина Егора Даниловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Семена пастя

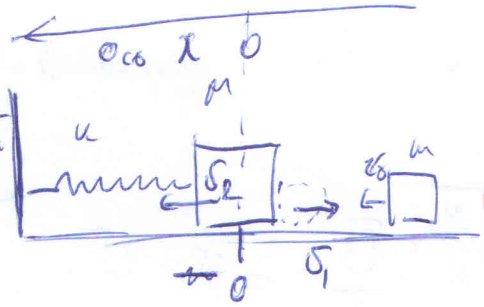
Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

12-52-30-98 (66.23)

№1.1.3



Пусть ~~первый~~ брусок массой m после соударения движется со скоростью v_1, брусок массой M – v_2.

Тогда ЗСИ $mv_0 = Mv_2 - mv_1$ $\Leftrightarrow$ $v_0 = nv_2 - v_1$ $(n = \frac{M}{m})$

ЗСЭ $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$ $\Leftrightarrow$ $v_0^2 = nv_2^2 + v_1^2$

$v_0^2 = n^2v_2^2 - 2nv_1v_2 + \cancel{v_1^2} = nv_2^2 + \cancel{v_1^2}$

$n(n-1)v_2^2 = 2nv_1v_2$

$(n-1)v_2 = 2v_1$ (+)

$n = \frac{2v_1}{v_2} + 1$

Пусть после соударения брусок массой M движется по закону $x(t) = X_0\sin(\omega t)$, где $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$

$T_{кол} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ (период колебаний) $T_{прош}$ – прошедшее время $= \frac{2}{3}T_{кол} = \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{M}{k}}$

$x(T_{прош}) = X_0\sin\left(\frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{M}{k}}\cdot\sqrt{\frac{k}{M}}\right) = X_0\sin\frac{4\pi}{3} = -X_0\frac{\sqrt{3}}{2}$ (+)

~~Поскольку грузик был~~ За время $T_{прош}$ грузик массой m прошёл $v_1 \cdot T_{прош} = v_1 \cdot \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{M}{k}}$

ЗСЭ: $\frac{kX_0^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2}$ (энергия пружины при полном растяжении = кин. энергии груза)

$X_0 = v_2\sqrt{\frac{M}{k}}$

80

1	2	3	4	5	Σ
5	15	4	10	15	44
5	13	15	14	15	62

Т 5 14 4 Э 15 13 15 14 15 Σ 44 62

Грузики вновь ударяются => $\frac{X_0\sqrt{3}}{2} = v_1 \cdot T_{прост.}$

$$v_2\sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = v_1 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}}$$

Отсюда $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3\sqrt{3}}{8\pi}$

Так мы уже вывели, $n = 2 \cdot \frac{v_1}{v_2} + 1$

Ответ: $n = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} + 1$ (+)

Вопрос. Как определяется потенциальная энергия?

1. Выбирается положение/я системы, для которого/ых потенциальная энергия принимается равной 0.

2. Потенциальная энергия тела/системы – работа потенциальных сил по переносу ~~тела~~ тела/системы из его положения в положение, где его/её потенциальная энергия равна 0.

Потенциальная сила – сила, работа которой при переносе тела по замкнутому контуру равна 0.

Например, для силы грав. взаимодействия потенциал выбирается в точках, бесконечно удаленных от массивных тел

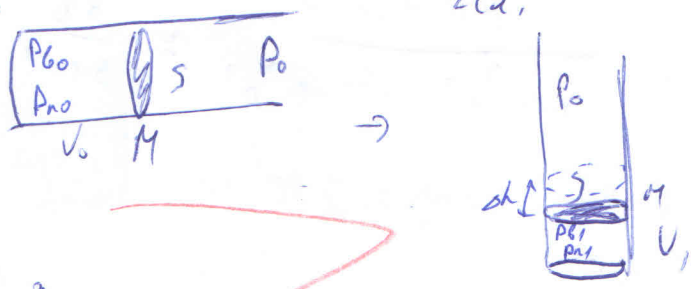
Для пружины – потенциал 0 в нерастянутом состоянии

$\varphi_{тела}$ – потенциальная энергия тела вблизи пов-ти земли $= G\frac{Mm}{R}$, где G – грав. пост., M – масса земли, m – масса тела, R – радиус земли

$\varphi_{пружин.} = \frac{kx^2}{2}$, где k – жёсткость пружины, ~~x – расстояние до~~ x – удлинение пружины.

12-52-30-98 (66.23)

1сл. 2сл.



Пусть объём газа под поршнем в перв. случае – V_0, во второй – V_1. $V_0 = S \cdot h = 3500\ см^3$

$V_1 = S \cdot (h - \Delta h) = 3000\ см^3$

Пусть давление сухого воздуха под поршнем в первом случае – $P_{в_0}$, во втором $P_{в_1}$, ~~давл. пара~~ водяного пара, аналогично, $P_{п_0}$; $P_{п_1}$

① $P_{в_0} + P_{п_0} = P_0$

Поскольку газ начал конденсироваться, $P_{п_1} = P_0$ (давление нас. пара при 100°)

$P_{в_1} + P_0 = P_0 + MgS$

$MgS = P_{в_1}$

$P_{в_0} V_0 = \nu RT$

$P_{в_1} V_1 = \nu RT$

$P_{в_1} = \frac{P_{в_0}}{V_1} V_0$

$MgS = \frac{P_{в_0} V_0}{V_1}$

$\Downarrow$

① $\Rightarrow P_{в_0} = P_0 - P_{п_0}$

$P_{п_0} V_0 = \nu_0 RT$ где ν_0 – кол-во ~~газа~~ пара в первом случае

$P_0 V_1 = \nu_1 RT$ где ν_1 – кол-во пара во вт. случае

$\nu_0 - \nu_1 = \frac{\Delta m}{\mu}$

$P_{п_0} = \frac{P_0 V_1 + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{V_0} = \nu_0 RT$

$P_{в_0} = P_0 - P_{п_0} = P_0 - \frac{P_0 V_1 + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{V_0}$

$MgS = \frac{V_0}{V_1}\left(\frac{P_0(V_0 - V_1) + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{V_0}\right) = \frac{P_0(V_0 - V_1) + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{V_1} \Rightarrow$ Раб. формула $\boxed{M = \frac{P_0 \Delta h S + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{(h - \Delta h) S g}}$

$= \cancel{10^5\ Па \cdot 500\ см^3 + \frac{0{,}1\ г}{18\ г/моль} \cdot 8{,}3\ \frac{Дж}{моль \cdot К}} \Rightarrow \boxed{M = \frac{P_0 (V_0 - V_1) + \frac{\Delta m}{\mu} RT}{V_1 g S}} =$

$= \frac{10^5\ Па \cdot 500\ см^3 + \frac{0{,}1\ г}{18\ г/моль} \cdot 8{,}3\ \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 373\ °K}{3000\ см^3 \cdot 10\ \frac{м}{с^2} \cdot 100\ см^2} \approx$

$$\approx \frac{50\ \text{Н·м} + 11\ \text{Н·м}}{3\cdot10^{-3}\ \text{м}^3\cdot10^{2}\ \text{с}^{-2}\cdot10^{-2}\ \text{м}^2} \approx \frac{61}{3\cdot10^{-4}} \approx 2{,}3\cdot10^{5}\ \text{кг}$$

Ответ: примерно $2\cdot10^5$ кг. По крайней мере, такой ответ получается при подстановке.

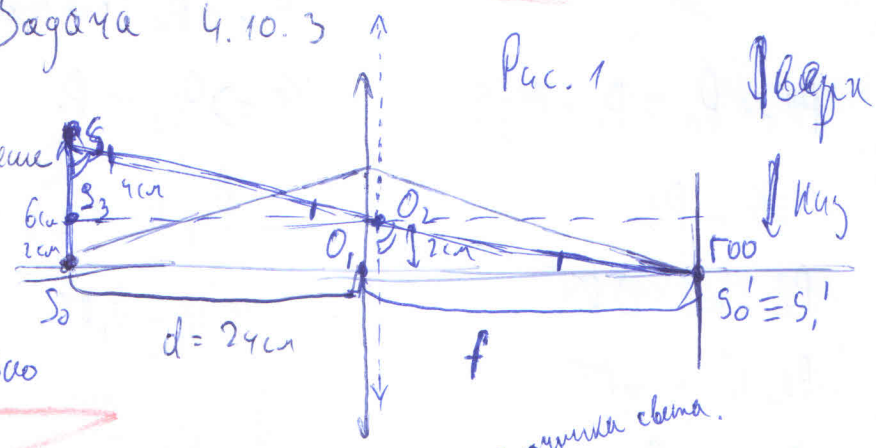
Вопросы:

1. Температура кипения – температура, зависящая (в том числе) от давления, при которой ~~наблюда~~ в жидкости наблюдается процесс кипения (формирование пузырьков ~~жидкости~~ газа, доходящих до поверхности.) ?

2. Чем ~~меньше~~ больше давление, тем больше температура кипения при нём.

Задача 4.10.3

Рис. 1



S_0 – нач. положение источника света.

Поскольку изображение чёткое, оно лежит на оптич. оси

Пусть увеличение равно $\Gamma = \frac{f}{d}$

Если линзу сдвинули вдоль оптической оси, то точечное изображение будет в фокусе => $d = \infty$. Ч. Значит, линзу сдвинули перпендикулярно опт. оси. Луч, проходящий через центр линзы не преломляется => если линзу сдвинули вниз, изображение S_1' источника S_1 (см. рис. 1) гарантированно будет выше изобр. S_0' источника S_0. Значит, линзу сдвинули вверх. Пусть O_2 – точка центра линзы после сдвига. ~~Рас~~ $\triangle S_1 O_2 S_3 \sim \triangle O_2 O_1 S_1'$, где S_3 лежит на $S_0 S_1'$; $S_0 S_3 = 2$см; O_1 – центр линзы до сдвига. Тогда

$$\frac{O_2 S_3}{S_1' O_1} = \frac{S_1 S_3}{O_1 O_2} = \frac{4}{2} = \frac{2}{1}$$

Таким образом, $\frac{S_1'O_1}{0,5_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{f}{d} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = 12$ см

$\frac{1}{24\text{см}} + \frac{1}{12\text{см}} = \frac{1}{F}$

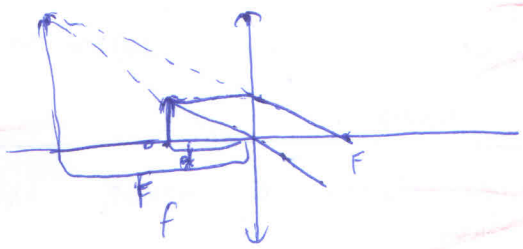
Нет ответа в баллах –

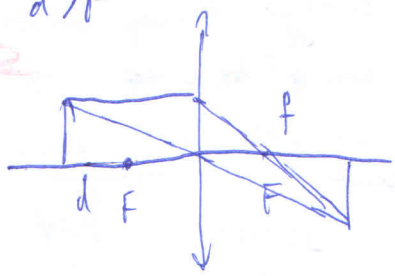
$F = 8$ см

Ответ: 8 см (+)

Вопросы. Соб. линза: * $d > F$

$d < F$



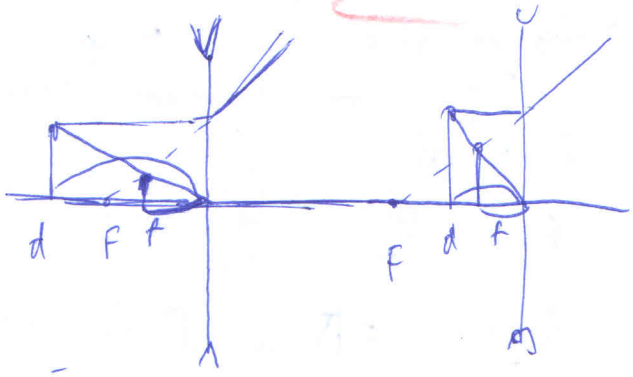


$d<F$:
Строится мнимое изображение на расстоянии f слева от линзы, где $f \mid \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

$d > F$ строится действит. изображение на расстоянии f справа от линзы, где $f \mid \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

Расс. линза:

всегда строится мнимое изображение слева от линзы на расстоянии f, где $f \mid \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$



Принцип построения: луч, проходящий через центр линзы не преломляется; параллельный опт. оси – проходит через фокус в случае соб. линзы, его продолжение проходит через фокус в случае расс. линзы. Изображение, получаемое при пересечении самих лучей – действительное, их продолжений – мнимое.

---

* собир. линза: если $d = F \Rightarrow$ лучи параллельны $\Rightarrow$ изображение не строится.

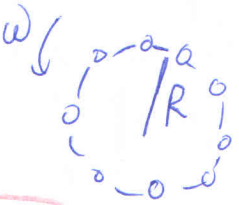
Задача 3.7.3

~~Инд~~ Вопросы. Индуктивность - свойство возникновения маг. поля в контуре тока при изменении потока, проходящего через него.

$$\mathcal{E}_{самоинд} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(\bar{B}\bar{S})}{\Delta t}$$, где Ф - поток через контур, $\bar{B}$ - вектор индукции маг. поля $\bar{S}$ - вектор площади контура (вектор, перпендикулярный площади контура равный ей по модулю) Δt - малый промежуток времени, за кот. зафиксировано изменение потока.

Задача. ~~Про~~ В результате изменения магнитного поля возникает электрическое поле вдоль кольца.
Проведём аналогию между процессами, возникающими под действием этой силы и ~~поток~~ процессами, возникающими в замкнутом проводящем контуре (~~при уменьш~~ поскольку при уменьшении ~~R~~ с увеличением N ~~скорости~~ обе модели представляют собой модель электронов, перемещающихся с течением тока, мы можем ~~использовать~~ обобщать движение шарика вдоль участка движением тока внутри него.)

Пусть ~~маг~~ магнитное поле выключилось за малое время Δt



$$\mathcal{E}_{инд} = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = \frac{B_0 S}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{инд} \cdot q_{прот} = A_{по пер.} = F \cdot l_{прот} \cdot N = \frac{Nmv^2}{2}$$

где ~~q прот~~ $l_{прот}$ - путь, пройденный при выключении маг. поля: $l = \frac{v\Delta t}{2}$ где v - скорость, развитая каждой бусинкой. Δt мало => зависимость $v(t)$ линейна => площадь под графиком $v(t)$ от 0 до Δt $= \frac{v\Delta t}{2}$

$A_{по пер.}$ - работа эл. поля по перемещению бусинок.

$q_{прот}$ - ~~анало~~ заряд, аналогичный протёкшему в модели с проводящим контуром. $q_{прот} = N \cdot \frac{q \cdot l}{2\pi R}$

Отсюда $\mathcal{E}_{инд} q_{пр} = N\frac{mv^2}{2}$

$$\frac{B_0 S}{\Delta t} \cdot \frac{N \cdot q \cdot l}{2\pi R} = N\frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{\pi R^2 B_0 \cdot N \cdot q \cdot \frac{v\Delta t}{2}}{\Delta t \cdot 2 \cdot \pi \cdot R} = N\frac{mv^2}{2}$$

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

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

$$\frac{B_0 q}{2m} = \cancel{\frac{2\pi}{T_{обст}}} \; 2\pi \nu_{собств}$$

$$\nu_{собств.} = \frac{kn}{N}, \; k \in \mathbb{N}$$

$$\frac{B_0 q}{2m} = \frac{2\pi k n}{N}, \; k \in \mathbb{N}$$

$$N = \frac{4\pi k n m}{B_0 q}, \; k \in \mathbb{N}$$

$\min(N) \Rightarrow k = 1$

$$N = \frac{4\pi n m}{B_0 q} = \frac{4 \cdot 3{,}141596 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-7}} = 32 \cdot 3{,}1415 \approx 100$$

$32 \cdot \pi - 100$ $\quad \sqrt{10} = 3{,}1415\ldots$ $\quad (\pi^2 = 9{,}86$ см)

$\frac{0{,}05}{3{,}1415} \cdot 100\%$ дуги

(будет всё-равно наблюдаться смещение на ($<1\%$) за период, но оно очень мало) $\left(\frac{32\pi}{\pi}\right)$

Ответ: $N = 100$.

Абсолютно неподвижным кольцо не будет, т.к. π - трансцендентное число, ~~данные числа~~ числа из условия действительны $\Rightarrow \nexists k \in \mathbb{N} \quad N \notin \mathbb{N}$

Ответ: $32\pi \leq 100{,}5312$. В пределах 0,57% дуги/цикл (4% дуги/секунду) картинка неподвижна при $N = 100$. В пределах 0,07% дуги/цикл (0,56% дуги/секунду) картинка неподвижна при $N = 200$.

~~Абсолютно~~ Полностью неподвижной картинки не будет.

Черновик

$\frac{\Delta(BS)}{\Delta t} q = A_{пол} = F \cdot l_{прох} \cdot \cos\alpha \cdot N$

$F = ma = m\frac{v}{\Delta t}$

$[\vec{I} \cdot \vec{l}]$

Δt

$\frac{BSqlN}{\Delta t\, 2\pi R} = Nma$

$\frac{BSqN}{m2\pi R} = Na\Delta t = v$

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

$\frac{BS}{\Delta t} q_л = N\frac{mv^2}{2}$

$\frac{R^2 BqN}{m2\pi R} = Nv$

$B = \frac{\Delta B}{2\pi R}$

$\frac{BSqlN}{\Delta t\, 2\pi r} = Nmv^2$

$\omega = \frac{Bq}{2m}$

$[I] = [\frac{кл}{с}]$

$\frac{кг}{кл^2}$

$q = \frac{Nq\,l}{2\pi r}$

$\frac{BSq\,2\pi r}{\Delta t\, 2\pi r} = mv^2$

$[B] = [\frac{кг}{с \cdot кл}]$

$k = \frac{кг \cdot м^3}{с^2 \cdot кл^2 \cdot R}$

$\frac{I \cdot \Delta l}{R}$

$\frac{\pi r^2 Bq}{\Delta t\, 2\pi r} = mv$

$\frac{IB}{R}$

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

$2\pi R\Delta B = \Delta I l$

$\nu = 2\pi\nu$

$\frac{Bq}{2m} = \frac{v}{r} = \omega = \frac{2\pi\nu}{2\pi}$

$2\pi RB = I \cdot 2\pi R$

$\frac{кг \cdot м}{с^2} = кл \cdot \frac{кл^2}{м^2}$

$\frac{кг \cdot м}{с^2}$

$qBv = F$

$\frac{кг}{с \cdot кл}$

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

$\omega = \frac{Bq}{4\pi m} =$

$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{R}$

$\mathcal{E}_i = \Delta Bl$

$R = \frac{\varepsilon}{I}$

$\frac{кл}{с}$

$\frac{кг}{кл^2}$

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

$\frac{NqL}{2\pi R}$ BL

$\Sigma I = P$

$l = \frac{2\pi R}{N}$

$q_{прох} = Nq$

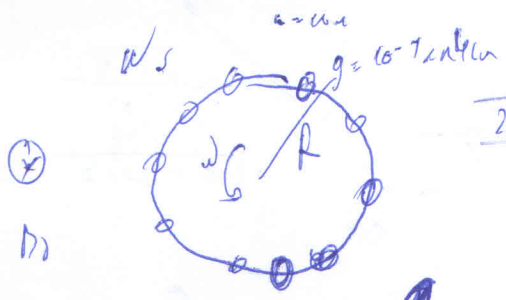
$q_{прох} = \frac{Nq^2}{2\pi R}$

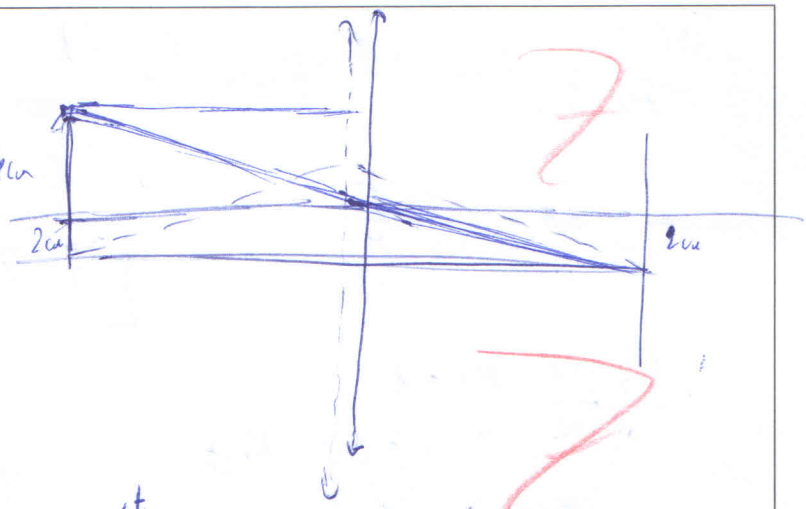
$\times 32$
$\times 3,1415$
62830
$+ 94245$
$100,5280$

$\times 32$
$\times 3,1415$
6283
$+ 9424$
$100,5312$

$\times 32$
$3,145$
$\times 628$
942
$100,48$

Черновик.





Пусть всё это произошло за Δt

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

$$\mathcal{E} \cdot q = A = F \cdot l = ma \cdot l = \frac{m\Delta v}{\Delta t} \cdot l_{пр}.$$

$$\mathcal{E} \cdot q \cdot \Delta t = m \Delta v \, l_{пр}$$

$$qBS = m\Delta v \, l_{пр}$$

$$qBS = m\Delta v \cdot v \cdot \Delta t$$

$$\mathcal{E} \cdot q \cdot \Delta t = m l_{пр}$$

$$\frac{m\Delta v}{\Delta t} \frac{\Delta v \Delta t}{2}$$

$$\mathcal{E} \cdot q \cdot l_{пр} = \frac{mv^2}{2}$$

$$q_{вн} = q \cdot \frac{l}{2\pi r}$$

$$Eq \frac{l N}{2\pi r} = \frac{m\Delta v}{\Delta t} l$$

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

$$\frac{\pi r^2 \, BSqlN}{2\pi r \Delta t} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{rBq\Delta v \Delta t}{2\Delta t} N = mv^2$$

$$\frac{v}{r} = \frac{BqN}{2m} = \omega$$

$\Delta v \to \Delta v$

$$l \simeq \frac{\Delta v \Delta t}{2}$$

$$l_{пр} \approx \frac{\Delta v}{2} t$$

$$[qvB] = [qE]$$

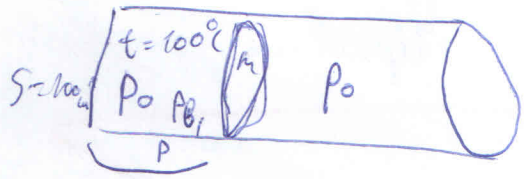
$$[E] = [vB]$$

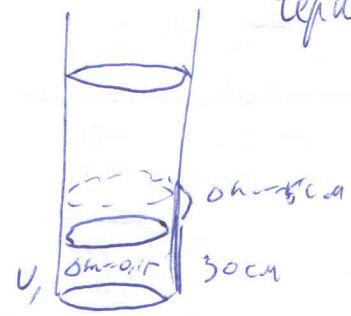
Δ: 8

$\Delta = 8, 16, 32 \ldots 128$ Гц

2π Дмин

Черновик





Для воздуха

$P_{в_1} V_0 = \nu RT$ $\quad P_{н_1} V_0 = \nu RT$

$P_{в_2} V_p = \nu RT$

$P_{в_2} + P_0 = P_0 + Mg S$

$P_{в_2} = Mg S$

$P_{в_2} = \frac{P_{в_1} V_1}{V_0}$

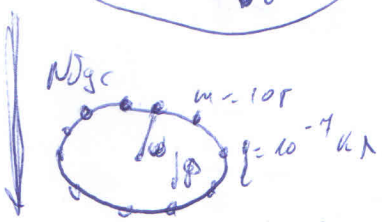
$P_{н_1} V_0 = \nu RT$

$P_0 V_1 = \nu_1 RT$

$E_k = \frac{N m v^2}{2}$ $\quad P_{в_1} = P_0 - P_{н_1}$

$V = V - V_1 = \frac{\Delta m}{\mu}$

$\frac{2}{3}$ $\quad \frac{3}{24}$



к – вакуум. 1 см.

$P_{н_2} = \frac{P_0 V_1 + \frac{RT \Delta m}{\mu}}{V_0}$ $\quad \frac{1}{3}$

$1 см^3 = 10^{-6} м^3$

В $\quad \frac{3200}{18} = 180$

$\frac{360}{11} = 200$

$5 \cdot 10^7$

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

500 см²

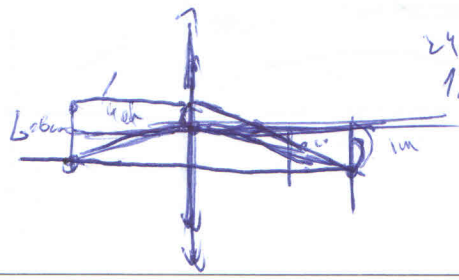
$\frac{3200}{11}$ $\quad 3200$

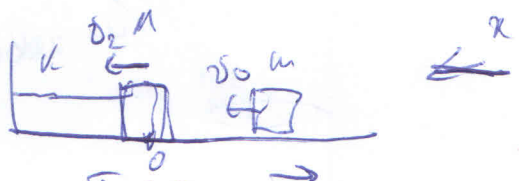
$\frac{50 + 20}{}$

24

$1,8 \cdot 100$

180





Черновик

$T = \frac{2}{3} T_{кол}$ $\vec{v_1}$

$T_{кол} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$

$T_{прост.} = \frac{4}{3}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$

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

$v_0^2 = n^2 v_2^2 - 2n v_1 v_2$

$$\begin{cases} v_0 = n v_2 - v_1 \\ v_0^2 = n v_2^2 + v_1^2 \end{cases}$$

$m v_0 = M v_2 - m v_1$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$

$n^2 v_2^2 - 2n v_2 v_1 + v_1^2 = n v_2^2 + v_1^2$

$(n^2 - n) v_2^2 = 2n v_1 v_2$

$x(t) = x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\, T\right)$

$x\left(\frac{T_{кол}}{3}\right) = x_0 \sin\left(\frac{4\pi}{3}\right)$

$\sin\frac{4\pi}{3} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$

$v_1 \cdot T_{прост} = \frac{x_0\sqrt{3}}{2}$

$\frac{k x_0^2}{2} = \frac{M v_2^2}{2}$

$x_0 = \sqrt{\frac{M}{k}}\, v_2$

$v_1 \cdot \frac{4}{3}\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = v_2 \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{M}{k}}$