0 967692 200005

96-76-92-20
(64.13)

15^00 – 15^05

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист

Вариант 1

дешифр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Шаврина Ивана Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника

96-76-92-20
(64.13)

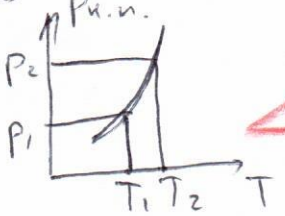
Задача 2.4.1. (1) Чистовик

Вопросы:

1. Насыщенный пар – пар находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. Количество молекул покидающих поверхность жидкости равно количеству молекул возвращающихся в жидкость из пара. В насыщенном состоянии пар принимает максимальное давление и концентрацию при данной температуре. Давление и плотность зависят только от темп. и вида газа. (10)

2. Большей температуре соответствует большее давление насыщенных паров,

при чём $\frac{p_2}{p_1} > \frac{T_2}{T_1}$;



плотность газа $\rho = \frac{p_{н.п.} M}{RT}$, но т.к.

$\frac{p_2}{p_1} > \frac{T_2}{T_1}$, => плотность паров быстрее уменьшается =>

=> большему значению температуры соответствует большее значение плотности газа.

Задача:

Дано:

$T_0 = 373\,K = const$

$h = 35\,cm$

поршень → верт*

$\Delta h = 5\,cm$

$S = 100\,cm^2$

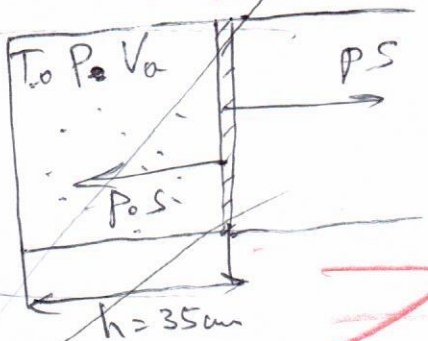
$M = 10\,кг$

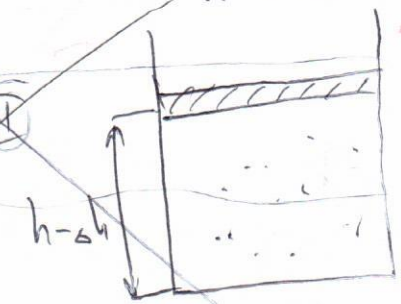
$p_{атм} = 10^5\,Па$

$\mu_в = 18\,г/моль$

Найти:

$\Delta m = ?$ – скольк.





Решение:

(I) по 3ЗН давление газа равно внешнему давлению

$p_0 S = pS$ $p_0 = p = p_{атм}$, но при $T_0 = 373\,K$, если $p = p_{атм}$,

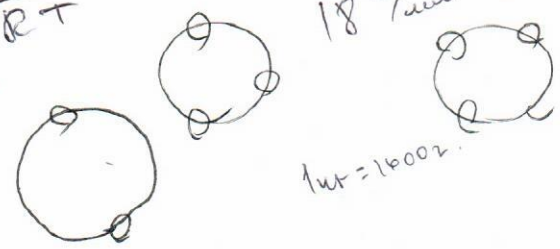
то пар насыщен! $\varphi = 1$ – влажность

$V_0 = hS$

Черновик.

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

$18^2/мм = 18 \cdot 10^{-3} = 1{,}8 \cdot 10^{-2} = 0{,}18 \cdot 10^{-1}$



$1мг = 1000г$

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

$0{,}018 \cdot 3{,}5 \cdot 100 = 1{,}8 \cdot 3{,}5 =$

18
× 3,5

4
3,5
× 1,8
280
+ 35
63

3,6
0,36 · 1000
= 360

360 | 83
4

7600 | 83
332 | 434
280
− 249
310

1100 · 0,3
8,3 · 373

330
× 0,018
33
0,18
264
33
594

360
8,3 · 373

0,018
× 0,35
0,0063

330 | 0,0063
373 · 8,3

43,4 · 373

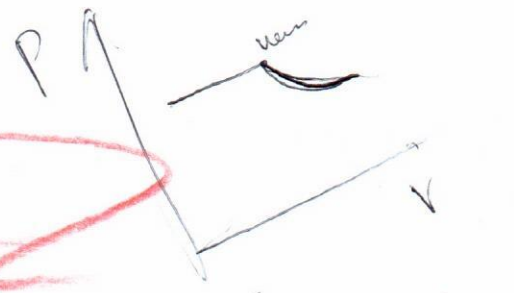
2437 : 373 · 10^-1 =

1100
× 0,3
330

43,4 | 373

437 | 373
− 373 | 1,17
640 | 1,8
− 373 | 3,5
270
− 261

630
− 594
36



0,35
× 0,018
28
+ 35
0,0063 · 1000

50 | 3
−3 | 16
20
2

10 · 25 / 15 = 50/3 =

= 16 2/3

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

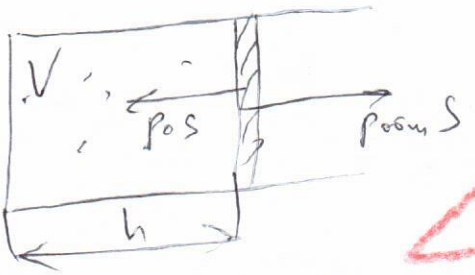
96-76-92-20
(64.13)

Честовик

Задача 2.4.1.

Задача!

$V = Sh$



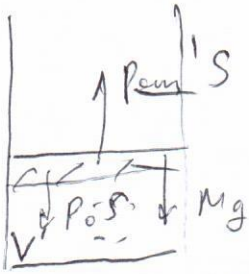
по ЗЗН.

$p_0 S = p_{атм} S$

$p_0 = p_{атм}$ по данному Дальтон

$p_{атм} = p_{сух.\,воз.} + p_{пара}$

$p_{сух.\,воз} + p_{пара} = p_0$ (*)



$V' = S(h - \Delta h)$

Для II сити

по ЗЗН.

$p_0 S + Mg = p_{атм}' S$

по Дальтону

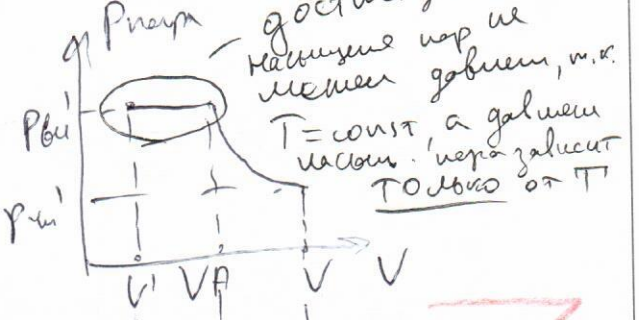
$p_0 + \frac{Mg}{S} = p_{пара}' + p_{сух}'$

т.к. $T = 273\,K$, то

а часть водя сконден. =>

=> пар – насыщен

$p_{пара}'(373\,K) = p_0$ ($\varphi = 1$)



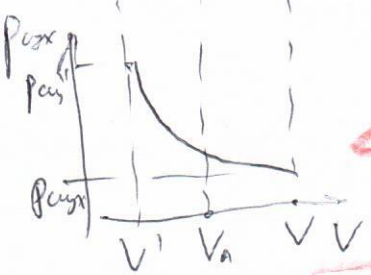
– достигнув насыщения пар не меняет давление, т.к. $T = const$, а давление насыщ. пара зависит только от T

$\frac{Mg}{S} = p_{сух}'$

т.к. процесс изотерм.

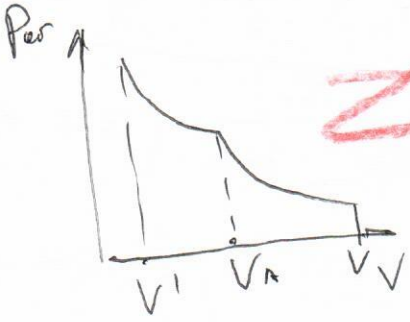
$p_{сух}' V' = p_{сух} V$

$p_{сух} = \frac{p_{атм}' V'}{V} = \frac{Mg V'}{SV}$



(*) $p_{пара} + \frac{Mg V'}{SV} = p_0$

$p_{пара} = p_0 - \frac{Mg V'}{SV}$



Для пара запишем

$p_{пара} V = \frac{m_0}{\mu} RT$

$p_{пара}' V' = \frac{m_0 - \Delta m}{\mu} RT$

уравнение при объемах V_A и V'

$\left(p_0 - \frac{Mg V'}{V}\right) V' = \dots$

$p_0 V'$

где теорем 2?

(10) Чистовик

$$m_0 = \frac{p_{нар} V \mu}{RT}$$

$$p_{нар}' V' = \frac{\frac{p_{нар} V \mu}{RT} - \Delta m}{\mu} RT$$

$$\mu p_{нар}' V' = p_{нар} V \mu - \Delta m RT$$

$$\Delta m RT = p_{нар} V \mu - \mu p_{нар}' V'$$

$$\Delta m = \frac{\mu}{RT}(p_{нар} V - p_{нар}' V') =$$

$$= \frac{\mu}{RT}\left(\left(p_0 - \frac{M g V'}{S V}\right)V - p_0 V'\right) = \frac{\mu}{RT}\left(p_0 V - \frac{M g V'}{S} - p_0 V'\right) =$$

$$= \frac{\mu}{RT}\left(p_0 \cdot hS - \frac{M g}{S} \cdot S(h-\Delta h) - p_0 S(h-\Delta h)\right) =$$

$$= \frac{\mu}{RT}\left(p_0 hS - Mgh + Mg\Delta h - p_0 Sh + p_0 S\Delta h\right) =$$

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

$$= \frac{0{,}018\ кг/моль}{8{,}31 \frac{Дж}{К \cdot моль} \cdot 373\ К}\left(10\ кг \cdot 10\ м/с^2 \cdot 0{,}05\ м + 10^5\ Па \cdot 100 \cdot 10^{-4}\ м^2 \cdot 0{,}05\ м - \right.$$

$$\left. - 10\ кг \cdot 10\ м/с^2 \cdot 0{,}35\ м\right) = \frac{20 \cdot 0{,}018}{8{,}31 \cdot 373}\ кг =$$

$$= \frac{560}{8{,}3 \cdot 373}\ г \approx \frac{5600}{3000} \cdot 10^{-1}\ г \approx \frac{56}{31} \cdot 10^{-1}\ г$$

$$\approx \boxed{0{,}182}$$

Ответ: 0,182

(15)

Черняк

$1\phi \cdot 1\phi \cdot 0{,}05;$

$5 + 5 - 35$

$10^{8} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}05 = 1\phi \cdot 1\phi \cdot 0{,}35;$ 5

$1\phi \cdot 10 \cdot 0{,}35;$

$10^{2} \cdot 0{,}05 + 10^{2} \cdot 0{,}05 - 10^{2} \cdot 0{,}35$

5600

56 | 31
31 | 1,80
250
248
20

5600 | 3096
3096 | 1,8
2504
2488
16

5600 | 3096
3096 | 1,7
2504
2168
336

$\frac{0{,}018}{8{,}3 \cdot 373} \cdot (10^{5} \cdot 0{,}35 - 10^{5} \cdot 0{,}3 - \phi 0^{3} 0{,}3$

$10 \cdot 10 \cdot 0{,}05 + 10^{5} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}05 - 10 \cdot 10 \cdot 0{,}35 =$

$25 + 50 - 35 = \frac{20 \cdot 0{,}018}{8{,}31 \cdot 373}$ кг

$\times \frac{0{,}018^{3}}{20}$
$0{,}560$

0,56 | 8,3 · 373

82
373
× 8,3
119
+2984
3095

$\frac{560}{8{,}3 \cdot 373} - \frac{5600 \mid 3096}{3096 \mid 1,8}$
2504
1856
464
5600
3095,9 · 10

560 5600 | 3096

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

96-76-92-20
(64.13)

(II) по ЗН

$Mg + p_0 S = p_2' S$

$p_2' = \frac{Mg}{S} + p_0$ – новое увеличенное давление под поршнем

при этом столбик воздуха

$V_к = (h - \Delta h) S$

для I части ЗМК $p_0 V_0 = \frac{m_0}{\mu} R T_0$

$p_2 V_к = \frac{m_0 - \Delta m}{\mu} R T_0$

для II:

$p_0 h S = \frac{m_0}{\mu} R T_0 \Rightarrow m_0 = \frac{p_0 h S \mu}{R T_0}$

$\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right)(h - \Delta h) S = \frac{m_0 - \Delta m}{\mu} R T_0$

$\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right)(h - \Delta h) \cdot S = \frac{p_0 h S \mu}{R T_0} - \Delta m \, R T_0$

$(Mg + p_0 S)(h - \Delta h)\mu = p_0 h S \mu - \Delta m R T_0$

$\Delta m R T_0 = p_0 h S \mu - (Mg + p_0 S)(h - \Delta h)$

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

$= 0{,}018 \frac{кг}{моль} \cdot 10^5 Па \cdot 0{,}35 м \cdot 100 \cdot 10^{-4} м^2 - (10 кг \cdot 10 м/с^2 + 10^5 Па \cdot 100 \cdot 10^{-4} м^2) \cdot 0{,}05 м$

$\cdot \frac{0{,}018 кг}{8{,}3 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 373 К} \cdot (0{,}35 м - 0{,}05 м) = \left(\frac{0{,}018 \cdot 3{,}5 \cdot 100}{8{,}3 \cdot 373} - \frac{(100 + 1000) \cdot 0{,}3}{8{,}3 \cdot 373}\right) \frac{0{,}018 кг}{м}$

$= \frac{6{,}3 кг - 330 \cdot 0{,}018 кг}{8{,}3 \cdot 373} = \frac{6{,}3 - 5{,}94}{8{,}3 \cdot 373} кг = \frac{0{,}36}{8{,}3 \cdot 373} кг$

$= \frac{43{,}4}{373} г = \boxed{0{,}117 г}$

Ответ: 0,117 г.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Задача 1.1.1. ②

Вопрос:

Импульс материальной точки – векторная величина равная произведению массы этого тела на его скорость $\vec{p}_T = m\vec{v}$ +

Импульс системы материальных точек равен векторной сумме импульсов всех мат. точек

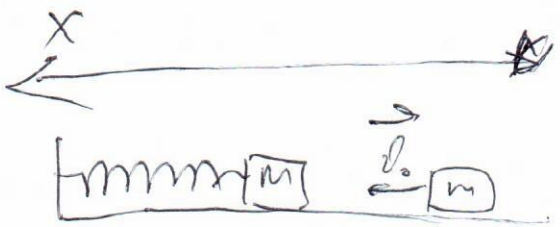
$$\vec{p}_{сист.} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots + \vec{p}_n = \sum_{i=1}^{i=n} \vec{p}_i$$

Закон сохранения импульса: ~~на~~ импульс с замкнутой системы (системы, на которую не действуют внешние силы) постоянен

Система $\vec{p}_{сист} = const.$

Дано:

Задача: $\tau = \frac{7}{12}T$



по з.с.и.

$p_0 = p_к$ в наш момент прутт ещё не начали стукать

~~$m\vartheta_0 + MU$~~

$m\vartheta_0 = MU - m\vartheta$

т.к. удар упруг $\Rightarrow$ выполн ЗС $\Rightarrow$.

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{MU^2}{2} + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

$$\begin{cases} m(\vartheta_0 - \vartheta)(\vartheta_0 + \vartheta) = MU^2 \\ m(\vartheta_0 + \vartheta) = MU \end{cases} \Rightarrow \vartheta_0 - \vartheta = U \Rightarrow$$

$m\vartheta_0 = MU - m\vartheta$

$\Rightarrow m\vartheta_0 = M(\vartheta_0 - \vartheta) - m\vartheta$

$m\vartheta_0 = M\vartheta_0 - M\vartheta - m\vartheta$

$m\vartheta_0 - M\vartheta_0 = -\vartheta(M+m)$

$$\vartheta = \frac{M-m}{M+m}\vartheta_0 \Rightarrow U = \vartheta_0 - \frac{M-m}{M+m}\vartheta_0 = \vartheta_0 \frac{M+m-M+m}{M+m} =$$

$$U = \vartheta_0 \cdot \frac{2m}{M+m}$$

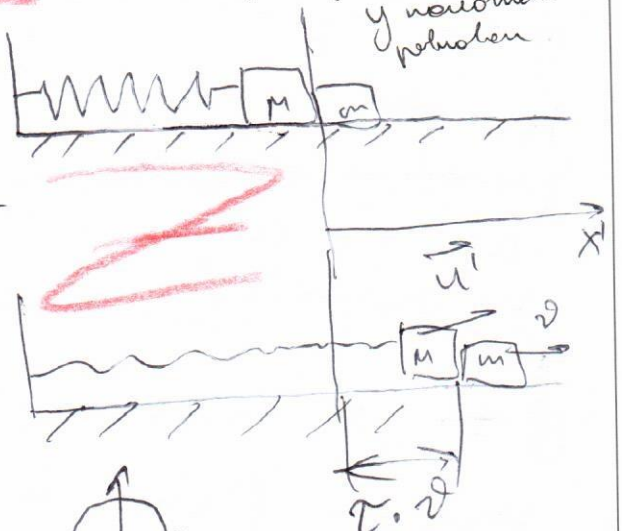
96-76-92-20
(64.13)

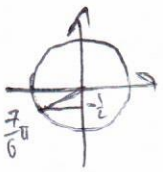
$T_{колеб} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ (3) $\tau = \frac{7}{12}T = \frac{7}{6}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ — шестовик

т.к. в силу нет трения, то v-центр тяжести = const

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

Введём ось x, начало координат в положении равновесия





Движение колебательное, т.к. между объектами нет трения, поэтому начало координат удобно совместить с положением равновесия оси X!

$X(t) = X_{max} \cdot \sin(\omega t)$

$X_{max} = ?$

по ЗСЭ.

$\frac{kx_{max}^2}{2} = \frac{Mu^2}{2}$

$x_{max} = u\sqrt{\frac{M}{k}} = v_0\frac{2m}{M+m}\sqrt{\frac{M}{k}}$

$X(t) = -v_0\frac{2m}{M+m}\sqrt{\frac{M}{k}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\cdot t\right)$

$X(\tau) = \tau \cdot v$

$-v_0\frac{2m}{M+m}\sqrt{\frac{M}{k}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}}\cdot\frac{7}{6}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}\right) = \frac{7}{6}\pi\sqrt{\frac{M}{k}}\cdot\frac{M-m}{M+m}v_0$

$-\left(-\frac{1}{2}\right)\cdot 2m = \frac{7}{6}\pi\cdot(M-m)$

$m = \frac{7}{6}\pi M - \frac{7}{6}\pi m$

$m\left(1+\frac{7}{6}\pi\right) = \frac{7}{6}\pi M$

$n = \frac{M}{m} = \frac{1+\frac{7}{6}\pi}{\frac{7}{6}\pi} = \frac{6}{7\pi} + 1 \approx 1{,}3$

(15) Геометрия

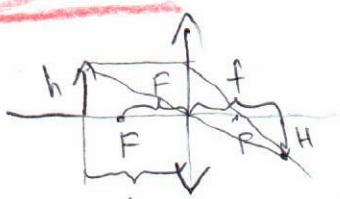
Ответ: $\frac{6}{7\pi} + 1 \approx 1{,}3$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Задача 4.10.1. (4) Чистовик

Формула тонкой линзы:

$\pm\frac{1}{d}\pm\frac{1}{f}=\pm\frac{1}{F}=D$, где F - фокусное



расстояние линзы (характеристика линзы, показывает расстояние от плоскости линзы до точки, в которой собираются лучи параллельных прямых.) Если линза собирающая, то $+F$, рассеивающая $-F$.

d = расстояние от предмета до плоскости линзы. (если предмет действительный, то $+d$, если предмет мнимый (лучи сходящихся лучей), то $-d$)

D - оптическая сила линзы $D=\pm\frac{1}{F}$ [Дптр]

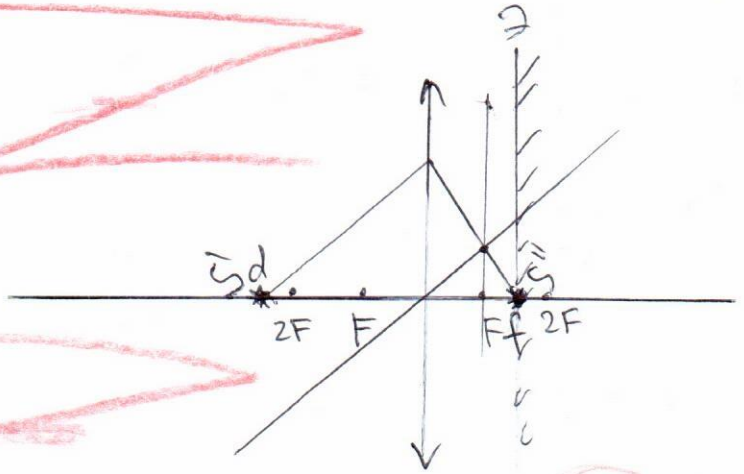
f - расстояние от изображения до плоскости линзы (если изобр. действительное, то $+f$, если изображение мнимое $-f$)

Поперечное увеличение линзы $\Gamma=\frac{f}{d}=\frac{H}{h}$ (продольное увеличение $\gamma=\frac{f^2}{d^2}$)

высота изобр. / высота тела

Задача.

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



Решение:

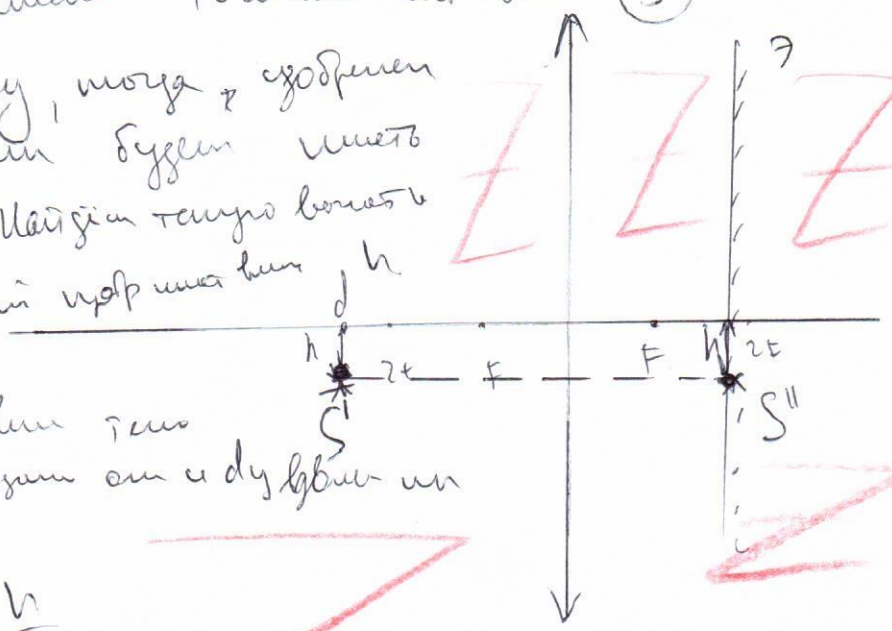
по ФТЛ

$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$ $\quad\frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d}$ $\quad\frac{1}{f}=\frac{d-F}{Fd}$ $\quad f=\frac{Fd}{d-F}=\frac{10\text{ см}\cdot 25\text{ см}}{15\text{ см}}$

$f=16\frac{2}{3}$ см

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Условно заменим точечный источник (S) Шкатовым на отрезку, тогда в сходящейся линзе отрезок будет иметь высоту h; Найдём такую высоту $h_{тела}$, при которой изображение, h будет как одно тело

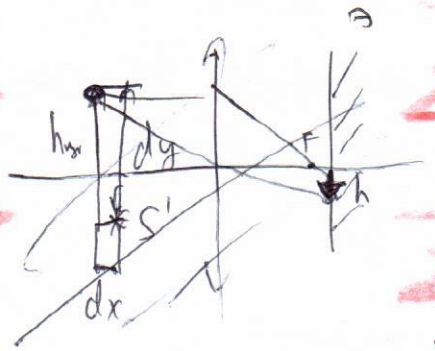


на dx, будет он и dy будет как

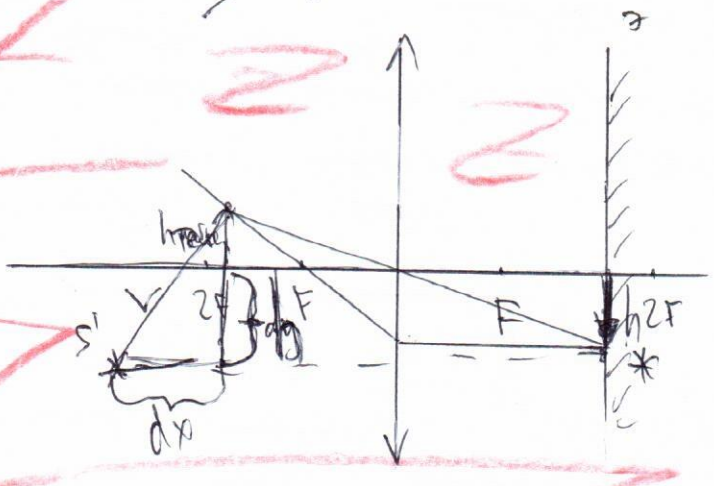
$$\Gamma = \frac{f'}{d'} = \frac{h}{h_{тела}}$$

$$f' = f_0$$

$$d' = d_0 - dx$$



$$\frac{f}{d'} = \frac{h}{h_{тела}}$$



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

$$d' = \frac{f \cdot F}{f - F} = d_0$$, т.е. чтобы изображение от тонкой оси тело двигать не надо

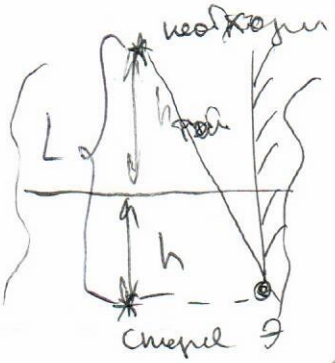
$$\frac{f}{d} = \frac{h}{h_{тела}} \qquad h_{тел} = \frac{h \cdot d}{f} = \frac{3\,см \cdot 25\,см}{\frac{50}{3}\,см} = \frac{3\,см \cdot 25\,см}{50\,см} =$$

$$= \frac{3}{2}\,см = 4\frac{1}{2}\,см$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

(6)



$L = h_{необх} + h =$

$= 3см + 4,5см =$

$= 7,5см$

Ответ: 7,5 см

Задача 3.7.1

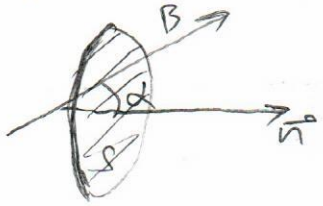
Вопрос:

Магнитным потоком Φ называют ~~отношение~~ величину показывающую то, сколько линий магнитной индукции проходит через единицу площади

Φ определяется как $\Phi = BS\cos\alpha$, где B - индукция поля

S - площадь контура,

α - угол между линией B и вектором положительной нормали к поверхности



(1)

Явление электромагнитной индукции заключается в том, что ~~если~~ при изменении магнитного потока через контур возникает ток самоиндукции, при этом ЭДС самоиндукции равно $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ (закон Фарадея), где минус показывает то, что $\mathcal{E}_i$ противодействует изменению потока через контур

Чистовик (7)

Задача

Дано:

$m_i = 10\,мг = 10 \cdot 10^{-3}\,кг$.

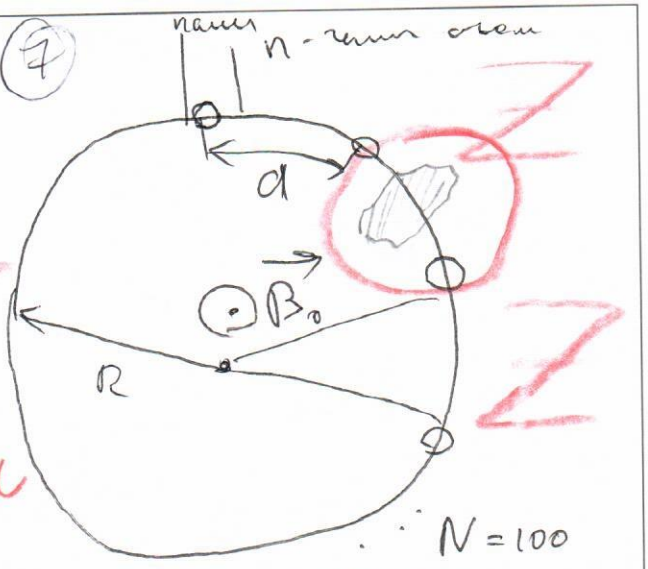
$q_i = 10^{-7}\,Кл$

$N = 100$

$B_0 = 100\,Тл$

Найти:

$n_{min} = ?$



Решение

$n = \frac{N_{кадр.}}{t} = \frac{1}{T}$ — период обхода

пусть пылинки имеют радиус R

$L_{окр} = 2\pi R$ $S_{кадр} = \pi R^2$

d - расстояние между будущими $d = \frac{2\pi R}{N}$

$M = N m_i$ $Q = N q_i$

общая масса пыли, общий заряд.

Ко: Определим ток, как величину заряда проходящего через данный контур перпендикулярно плоскости контура

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ $|\mathcal{E}_i| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \Phi' = \frac{dB}{dt} S \cos 1$

$\mathcal{E}_i = \frac{dB}{dt} S$ ЭДС индукции совершает работу $A = \mathcal{E}_i Q = \frac{dB}{dt} S \cdot Q$

Эта работа идет на изменение кинетической энергии этой пыли

$\frac{dB}{dt} S Q = \frac{m v^2}{2}$ $\frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2 Q = \frac{m v^2}{2}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

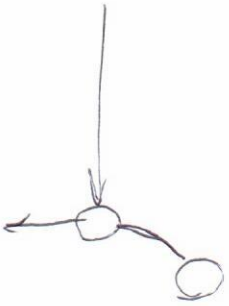
Черновик

$\vartheta = \frac{d}{T}$

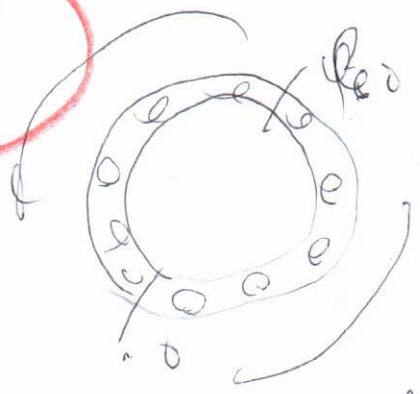
$\vartheta = d \cdot n$

$n = \frac{\vartheta}{d} = \frac{\vartheta}{\frac{2\pi R}{N}} = \frac{\vartheta N}{2\pi R}$

$n = \frac{\vartheta N}{2\pi R} =$ = !!!!



1000 | 628
628 | 15
3720

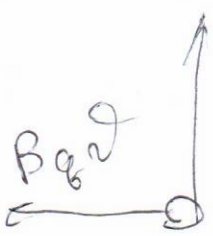


$v^2 = \frac{2\pi R^2 Q}{m} \frac{dB}{dt}$

$\vartheta = \frac{q \cdot \vartheta}{d}$

$\gamma = \frac{dq}{dt} = \frac{q \cdot \vartheta}{d}$

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



ϑ 0,1 · 6,28 =

0,1 | 6,28

$\frac{m}{2}(\vartheta^2 - v^2)$ $10 \cdot 6{,}28 \cdot 10^{-2}$

$\frac{m}{2}((\vartheta + d\vartheta)^2 - \vartheta^2) = \frac{2\pi Q}{m} \frac{dB}{dt}$

$\frac{m}{2}(\vartheta^2 + 2\vartheta d\vartheta + d\vartheta^2$

$\frac{m}{2} m \vartheta d\vartheta = \frac{2\pi Q}{m} \frac{dB}{dt}$

$\frac{m\vartheta^2}{R} = B q \vartheta$

$\frac{mB\vartheta}{R} = Bq$

$\vartheta = \frac{Bq}{m}$

$\mathcal{E}_i = L \frac{dy}{dt}$

B ↓ $\mathcal{E}_i$ ↑ y ↑

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

$$\frac{v^2}{R^2} = \frac{2\pi Q}{m} \cdot \frac{dB}{dt}$$

const const

(8) Числовая

Частота съёма максимальна, когда минимальный $T_{съём}$

$$\vartheta = \frac{d}{T} \qquad n = \frac{1}{T}$$

$$\vartheta = d n$$

$$n = \frac{\vartheta}{d} = \frac{\vartheta}{2\pi R} = \frac{\vartheta N}{2\pi R} = \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{\vartheta}{R}$$

$n \to max$, если мин. за период съёма T, место N будет занято n, $\vartheta \to max$ будет под номер $n+1$.

$$\frac{v^2}{R^2} = \frac{2\pi Q}{m} \frac{dB}{dt} \to max \quad dB = B_0 \quad dt \to 0$$

Заставим ускорять ионы дейтерия

(5)

при этом

$$\frac{m v_{max}^2}{R} = B_{max} q R_{max}$$

$$\frac{m v^2}{R} = B q$$

$$\frac{v}{R} = \frac{Bq}{m}$$

$$n = \frac{N}{2\pi} \frac{B_0 q}{m} = \frac{100 \cdot 10 Тл \cdot 10^{-4} Кл}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10 \cdot 10^{-3} кг} =$$

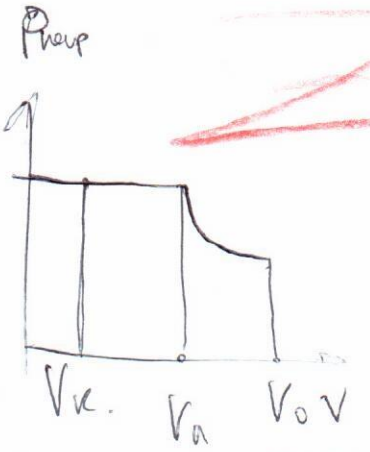
$$= \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10} \frac{1}{с} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} с^{-1} = 0{,}016 с^{-1}$$

Ответ: $0{,}016\ с^{-1}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик

$$p_{нар} + p_{сух.} = p_0$$



~~$p_{нар}$~~

$$p_{нар}' + p_{сух}' = p_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$p_{сух}' = \frac{Mg}{S}$$

$$\frac{p_{сух}'}{p_{сух}} = \frac{V'}{V}$$

$$p_{сух} = \frac{p_{сух}' V}{V'}$$

$$p_{сух} = \frac{Mg\,V}{S\,V'}$$

$$p_{нар} + \frac{MgV}{SV'} = p_0$$

$$p_{нар} = p_0 - \frac{MgV}{SV'}$$

~~$p_{нар}$~~

$$2\frac{7}{10,3}$$

$$\frac{6}{7\pi}$$

$$\frac{6}{21} + R$$

$$7 \cdot 3$$

$$\frac{2}{7} + 1 =$$

$$\frac{2+7}{7} =$$

$$= \frac{9}{7} = 1 + \frac{2}{7}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!