



0 822546 540006

82-25-46-54

(66.14)



Выход 16⁰⁰ Аку
Вариант: 16⁰⁰ Аку

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Кожеевникова Ивана Геннадьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Кожеевникова

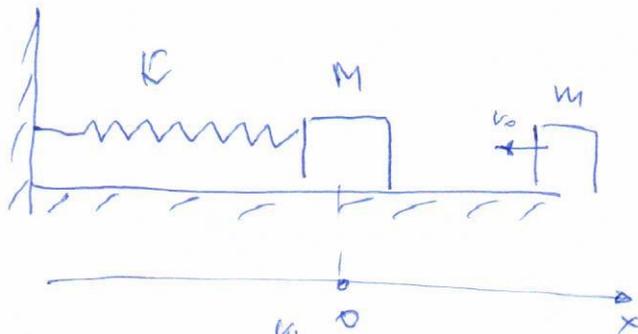
82-25-46-54
(66.11)

№ 1.1.3 Задача

Дано: Решите:

$$t = \frac{2}{3}T$$

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



1) ЗСМ · Ох: $-mv_0 = -Mv_1 + Mv_2$



2) $M\ddot{x} + Kx = 0$

или $\ddot{x} + \frac{K}{M}x = 0$ $\omega^2 = \frac{K}{M}$

уравнение колебаний груза M

$x(t) = x = A \sin(\omega t) = A \sin(\frac{2\pi}{T}t)$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$

3) Найдем амплитуду A колебаний из ЗСМ

$$\frac{Mv_1^2}{2} = \frac{KA^2}{2}$$

$$A = \sqrt{\frac{M}{K}} v_1 = \frac{v_1}{\omega}$$

4) $x = -\frac{v_1}{\omega} \sin(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{2}{3}T) = -\frac{v_1}{\omega} \sin(\frac{4\pi}{3})$

5) $x_{всп} = x(\frac{2}{3}T) = -\frac{v_1}{\omega} \sin(\frac{4\pi}{3}) = \frac{v_1}{\omega} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}v_1}{2\omega}$
 $= v_2 \frac{2}{3}T$ - координата центра груза

6) ЗСМ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mv_1^2}{2}$

ЗСМ: $mv_0 = Mv_1 - mv_2$ $v_0 = \frac{M}{m}v_1 - v_2$

$m(\frac{M}{m}v_1 - v_2)^2 = mv_2^2 + Mv_1^2$ $\frac{M}{m} = n$

$(nv_1 - v_2)^2 = v_2^2 + nv_1^2$

$n^2v_1^2 - 2nv_1v_2 + v_2^2 = v_2^2 + nv_1^2$

$n^2v_1^2 - 2nv_1v_2 = nv_1^2$ $nv_1, n \neq 0, v_1 \neq 0$

$nv_1 - 2v_2 = v_1$ $(v_1 = \frac{2v_2}{n-1})$

1	2	3	4	5
7	9	6	8	10
3	15	15	8	15
15	15	15	8	15

86

$$7) \begin{cases} v_1 = \frac{2v_2}{n-1} \\ \frac{\sqrt{3}v_1}{2\omega} = v_2 \cdot \frac{2}{3}T \\ T = \frac{2\pi}{\omega} \end{cases}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2\omega} \cdot \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{8\pi}{3\sqrt{3}} \\ \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{n-1} \end{cases}$$

$$\frac{2 \cdot 4\pi}{3\sqrt{3}} = \frac{2}{n-1}$$

$$n-1 = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi}$$

$$n = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} + 1$$

Ответ: $n = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} + 1 \approx 1,3$ ⊕

Вопросы!:

• Потенциальная энергия вблизи пов-ти земли $E_p = mgh$
 • Потенциальная энергия деформированной пружины $E_p = mgh$
 • Потенциальная энергия сжатия или растяжения пружины $E_p = mgh$

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



пружина с жесткостью k сжата на x имеет потенциальную энергию $E_p = \frac{kx^2}{2}$

• Потенциальная энергия — это ^{сумма} работ консервативных сил
 например 1) $E_p = mgh$

$$E_p = \sum_{\text{сил}} A_{\text{консерв}}$$

$$A = (\vec{F}; \vec{s})$$

$$2) E_p = \int_0^x kx dx = \frac{kx^2}{2}$$

Потенциальная энергия определяется как сумма работ консервативных сил



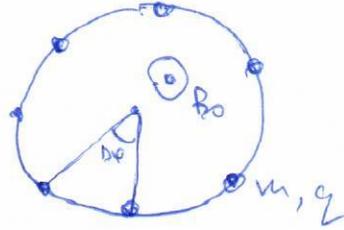
82-25-46-54
(66.14)

Задача 3.7.3

Дано:
 $m = 10 \text{ мкг}$
 $q = 10^{-7} \text{ Кл}$
 $B_0 = 100 \text{ Тл}$
 $n = 8 \text{ кадры}$

$N_{\text{min}} \rightarrow ?$

Решение:



$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{N}$ — угол между 2-ми бусинами

1) На шарике в м.п. действует сила Лоренца и он движется по дуге радиуса R с центром шариком, усреднено $\frac{\sqrt{2}}{R}$

$F_n = B_0 q v$

2) 3-и кадры $B_0 q v \neq m \frac{v^2}{R}$

$B_0 q R = m v$ $v = \omega R$

$B_0 q R = m \omega R$

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

2) Чтобы кольцо оставалось неподвижным, то есть на каждом кадре расположение бусин не менялось, так как бусины одинаковы и им необходимо, чтобы их кол-во было минимальным, за каждый кадр одна бусина должна проходить на угол $\Delta\varphi = \frac{2\pi k}{N}$, где $k \in \mathbb{Z}$ и $k \geq 1$

одна кадр делается за $\frac{1}{8} \text{ сек}$ $\Delta t = \frac{1}{n}$

за Δt бусина проходит $v \Delta t = \frac{2\pi}{N_{\text{min}}} \cdot R$

3) $\omega = \frac{B_0 q}{m} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\frac{B_0 q}{m} = \frac{2\pi k}{N_{\text{min}} \cdot \frac{1}{n}}$

$N_{\text{min}} = \frac{2\pi m \cdot n k}{B_0 q} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 8}{10^7 \cdot 10^{-7}} \cdot k =$
 $= \frac{16 \cdot 10^{-5} \cdot 3,14}{10^{-1}} k = 16 \cdot 3,14 \cdot k = 50,24 k$

N_{min} должно быть целым числом

$N_{min} = 50,24 R$

~~кОО~~ Γ_{24}

$k=1$	$N_{min} = 50,24 \notin \mathbb{Z}$
$k=2$	$N_{min} = 100,48 \notin \mathbb{Z}$
$k=3$	$N_{min} = 150,72 \notin \mathbb{Z}$
$k=4$	$N_{min} = 200,96$
$k=5$	$N_{min} = 251,2$
$k=6$	$N_{min} = 301,44$
$k=7$	$N_{min} = 351,68$
$k=8$	$N_{min} = 400$

$\text{НОД}(24, 100) = 600 \Rightarrow R \text{ к мин при } k = \frac{600}{24} = 25$

$N_{min} = 50 \cdot 25 + (0,24 \cdot 25) = 1250 + 6 = 1256$

Ответ: $N_{min} = \frac{2\pi m n}{B_0 g} k$, где $k \in \mathbb{Z}$ и $N_{min} \in \mathbb{Z}$

$N_{min} = 1256$ ~~будем~~ при $k=25$

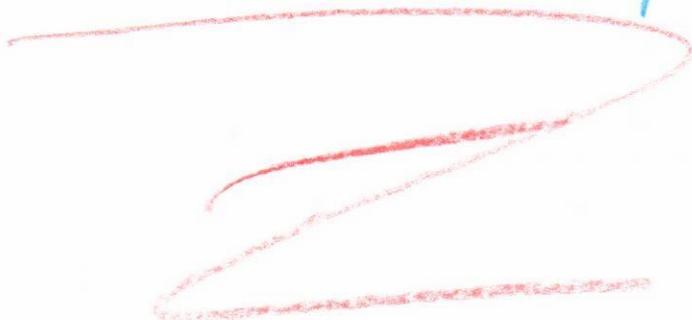
Вопрос: при $k=1$ $N_{min} = \frac{2\pi m n}{B_0 g} = 50$ (с достаточной точностью)

Вопрос: $\epsilon_{si} = -\frac{d(LI)}{dt} = -\frac{dL}{dt} I - L \frac{dI}{dt} - \text{ЭДС}$
самостоятельно

Индуктивность L ~~т.е.~~ $L [Гн]$ - темп скалярная физическая величина

Индуктивность - способность катушки взаимодействовать с магнитным полем, пронизывать через все поперечные сечения магнитное поле

ф-ла ?



82-25-46-54
(66.14)

Задача 4.10.3

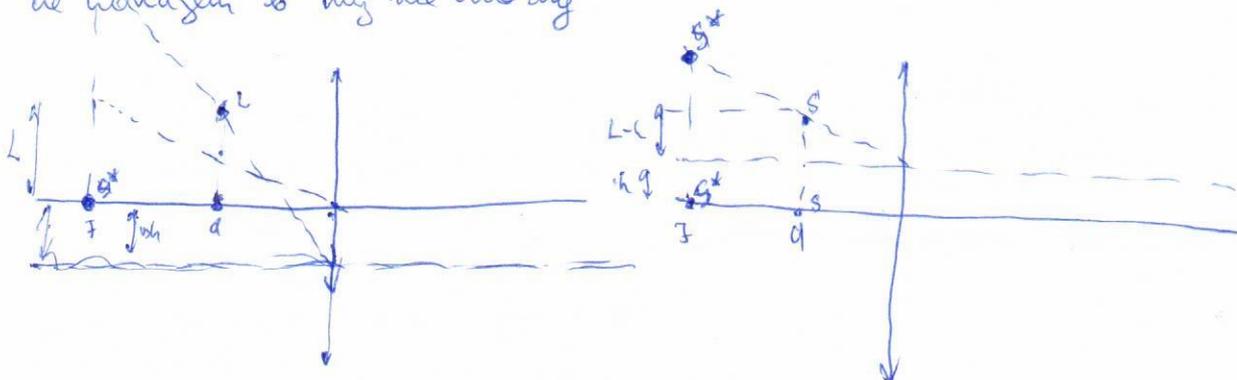
Дано:
 $d = 24 \text{ см}$
 $b = 6 \text{ см}$
 $h = 2 \text{ см}$

Решение:

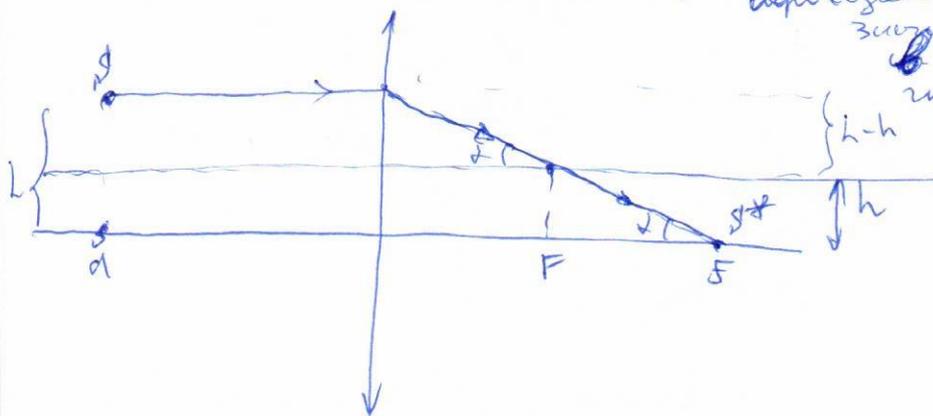
Собирающая линза может давать мнимое и действительное изображение

Если изображение мнимое, то оно увеличенное и светит линзу на b см вниз и вверх можно заметить, что изображение

не падает в ту же точку



Значит изображение действительное $d > F$
лучи проходят через линзу
проходят через фокус
Значит линза светит
в ту же сторону,
что и источник



$$\begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} \\ h \cdot d = \frac{L}{F} = \frac{L-h}{F} \end{cases}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \quad F = \frac{dF}{d-F}$$

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

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

$$L(d-F) = (L-h)d$$

$$Ld - LF = Ld - hd$$

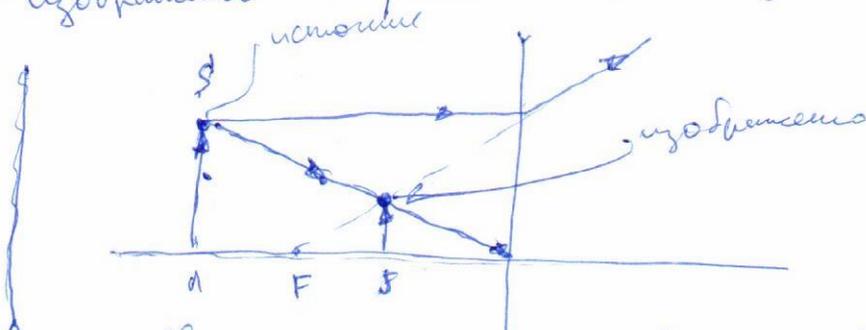
$$LF = dh$$

$$F = \frac{dh}{L} = \frac{24 \cdot 2}{6} = 8 \text{ см}$$

Ответ: $F = \frac{dh}{L} = 8 \text{ см}$

Вопросы:

Пример построения в рассеивающей линзе



уменьшенное, перевернутое, мнимое

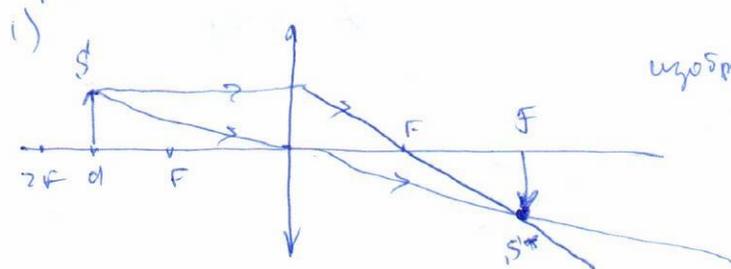
изображение в точке пересечения лучей; ~~увеличенное~~ ~~перевернутое~~ ~~от предмета~~

~~Пример построения~~

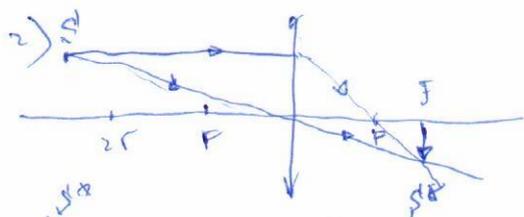
1) продолжение луча, выходящего из линзы и проходящего через фокус

2) луч от источника к точке пересечения луча и главной оптич. осью линзы

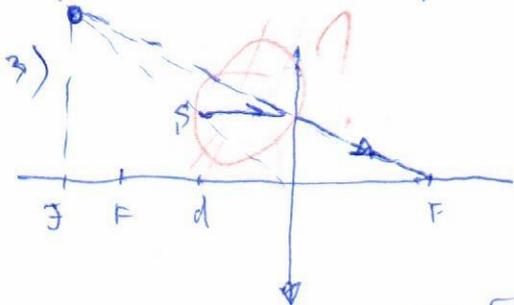
Пример построения в собирающей линзе



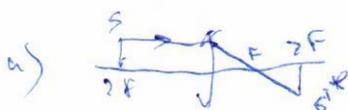
$F < d < 2F$
изобраз.: увеличенное, перевернутое, действит.



$2F = d$ изображ.: уменьшенное, перевернутое, действит.



$F > d$ изображ.: увеличенное, перевернутое, мнимое



$d \geq 2F$
 $F \rightarrow F$

изобраз.: в натур. величии, перевернутое, действит.

Задача 2.4.3

Дано:

$T = 373\text{K}$

$h = 35\text{cm}$

$dh = 5\text{cm}$

$\Delta m = 0,1\text{г}$

$S' = 100\text{cm}^2$

$P_0 = 10^5\text{Па}$

$\mu = 182/\text{моль}$

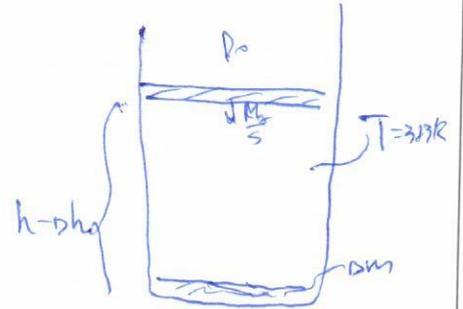
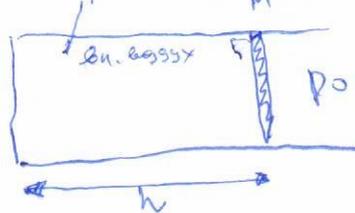
$g = 9,8\text{м/с}^2$

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

$M = ?$

Решение:

$T = 373\text{K}$



1) P_1 вертикальный цилиндр имеет вес, значит пар насыщенный $P_{\text{пар}} = 10^5\text{Па} = P_0$

~~$P_1 = P_0 = P_{\text{пар}} = P_0$~~

2) $P_1 = P_0 = P_{n1} + P_{B1}$ \int давление воздуха в горизонтальном цилиндре в вертикальном цилиндре

$P_2 = P_0 + \frac{mg}{S} = P_{n2} + P_{B2}$ $P_{n2} = P_0 = P_{n1} \Rightarrow P_{B2} = \frac{Mg}{S}$

~~$P_{n1} h S = \nu_{n1} RT$~~ $P_{n1} h S = \nu_{n1} RT$ (1) \leftarrow уравн. идеального газа в гор. и верт. цил.
 ~~$P_0 (h-dh) S = \nu_{n2} RT$~~ $P_0 (h-dh) S = \nu_{n2} RT$ (2) \leftarrow уравн. идеального газа в гор. и верт. цил.
 (1) = (2)
 $\nu_{n1} - \nu_{n2} = \Delta \nu_B = \frac{\Delta m}{\mu}$ (3) \leftarrow масса смещенного воздуха
 $P_{B1} h S = \nu_{B1} RT$ (4) \leftarrow
 $P_{B2} (h-dh) S = \nu_{B2} RT$ (5) \leftarrow
 $P_{B1} h S = \frac{Mg}{S} (h-dh) S$
 $P_{B1} = \frac{Mg}{S} \frac{h-dh}{h}$

(1)-(2): $(\nu_{n1} - \nu_{n2}) RT = S' (P_{n1} h - P_0 h + P_0 dh)$
 $\frac{\Delta m}{\mu} \frac{RT}{S} = (P_0 h - \frac{Mg}{S} \frac{h-dh}{h} \cdot h - P_0 h + P_0 dh)$

$\frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{RT}{S} = P_0 dh - \frac{Mg}{S'} (h-dh)$

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

~~$Mg(h-dh) = P_0 S' dh - \frac{\Delta m}{\mu} RT$~~

$$M = \frac{\rho_0 S_0 h - \frac{\Delta m}{M} RT}{g(h - \rho h)} = \frac{10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-2} - \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,3 \cdot 373}{10 \cdot 10^{-2} (35 - 5)} =$$

$$= \frac{50 - \frac{8,3 \cdot 37,3}{18}}{30 \cdot 10^{-1}} = \frac{50 - \frac{8,3 \cdot 37,3}{18}}{3} = \frac{50 - 17,2}{3} = 11 \text{ кг}$$

Ответ: $M = \frac{\rho_0 S_0 h - \frac{\Delta m}{M} RT}{g(h - \rho h)} \approx 11 \text{ кг}$

(15)

Вопросы:

Температура кипения - это температура, при которой давление воздуха внутри пузырьков равно давлению в воде. Вследствие того, что давление внутри пузырька равно давлению в воде, газ внутри пузырька переходит в газообразное состояние. Чем выше давление, тем выше температура кипения.

~~Температура~~
 Чем выше давление, тем больше интенсивности шерстяной обладает молекулы, с чем большей интенсивностью молекулы, тем больше их температура.

(6)

$$\frac{50(17,2 + 0,8) - 17,2}{3 \times 18} = \frac{49 \cdot 17,2 + 40}{3 \times 18}$$

$$\frac{309,59}{17,2} \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{309,59}{17,2} = \frac{1}{17,2} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{309,59}{17,2} - \frac{1}{17,2} = \frac{309,59 - 1}{17,2} = \frac{308,59}{17,2}$$

$$f = \frac{17,2}{308,59} \approx 0,0557 \text{ m} = 5,57 \text{ cm}$$

Если λ меньше, то Δn увеличивается
 \Rightarrow линза меньше менишек и $\Delta n > 2$
 но $\Delta n > 2 \Rightarrow L \rightarrow$ изобр. гдете

$$\frac{17,2}{180} = \frac{86}{90} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{L}{F} = \frac{h-h'}{F}$$

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

$$\frac{49,05}{3} = 16,35$$

$$\mu = 1,0001$$

$$1 \text{ м}^2 = 10^4 \text{ см}^2$$

$$\frac{800 \times 9}{31 \times 55} = \frac{80}{45}$$

$$P_0 \mu h S' = D n_1 R T$$

$$(P_0 - \frac{\mu_0}{S}) (h - oh) S' = D n_2 R T$$

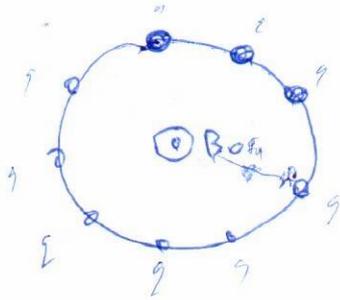
$$D n_1 - D n_2 = \rho \Delta n = \frac{m}{M}$$

$$S (P_0 h - (P_0 - \frac{\mu_0}{S}) (h - oh)) = \frac{m}{\mu} R T$$

$$\mu P_0 \cdot \text{см}^2 = \text{см} - \mu_0 \frac{\partial \mu}{\partial \rho \cdot K}$$

7.2.3

~~12~~
 B_0 $q = 10^{-2} \text{ Ка}$, m
 $n = \text{частоты / сек}$



$v = \omega R$

B_0

ω

~~12~~
 $\frac{mv^2}{R} = B_0 q v$

$mv = B_0 q R$

$mvR = B_0 q R^2$

$\omega = \frac{B_0 q}{m} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$

$\frac{1}{8} \text{ сек}$

мелкие P

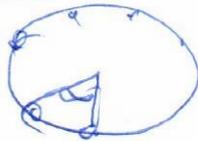
мелко

P

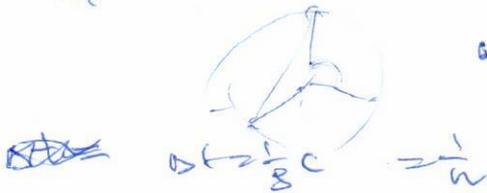
~~12~~



$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{N}$



~~12~~



$\frac{1}{2R} \leftarrow \frac{1}{r} = F$
 $\omega = \frac{B_0 q}{m} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{1}{n}}$
 $\text{class} > \text{atom}$

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

$N = \frac{2\pi n M}{B_0 q}$

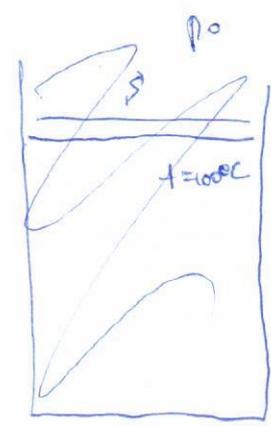
~~12~~
 $\text{class} \rightarrow \text{atom}$
 $\text{class} \rightarrow \text{atom}$

2 48 + 14
 $\frac{416}{84}$
 $\frac{14}{224}$

2,24
 $\frac{40,14}{10}$
 $\frac{0,0124}{10}$

№ 2.4.3

Осно: T_{273K}
 $h = 30cm$



$M \rightarrow ?$ Черновому

$P_{вн} \cdot S = P_{вн} \cdot S + \rho \cdot g \cdot h \cdot S = P_{вн} \cdot S + \rho \cdot g \cdot h \cdot S$

$P_0 \cdot h \cdot S = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$

$\rho \cdot h = \rho \cdot g \cdot h$

$\rho = \frac{M}{V}$

Выходиме $\rho_{газ}$ $\Rightarrow P = P_{вн} \cdot \rho_{газ} + P_{жидк}$

$\rho_{газ} + \rho_{жидк} = \rho$

газ при $100^\circ C = \rho_0$ $1016 kg/m^3$

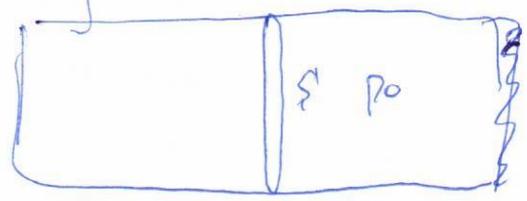
$P = P_{жидк} + P_{газ}$

$\Delta m = m_{жидк}$

$\frac{3.14 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3.14} \cdot 1$

$T_{жидк} = (P_0 + \frac{M \cdot g}{S})$

$T_{100^\circ C} = 373K$



h

$E_{ст} = \frac{dL \cdot I}{dt} = - \frac{dL \cdot I}{dt} - L \frac{dI}{dt}$

$h = 30cm$

$P = P_{жидк} + P_{газ}$

если $\rho_{газ} \rightarrow$ $\rho_{жидк}$ $P_{жидк}$ при $100^\circ C$
 $P_{газ} = P_0$

$P = P_0 + \frac{M \cdot g}{S} \Rightarrow P_{вн} \cdot S = \frac{M \cdot g}{S}$

~~$P_{вн} \cdot S = P_0 \cdot S + \rho \cdot g \cdot h \cdot S$~~

~~$P_{вн} \cdot S = P_0 \cdot S + \rho \cdot g \cdot h \cdot S$~~

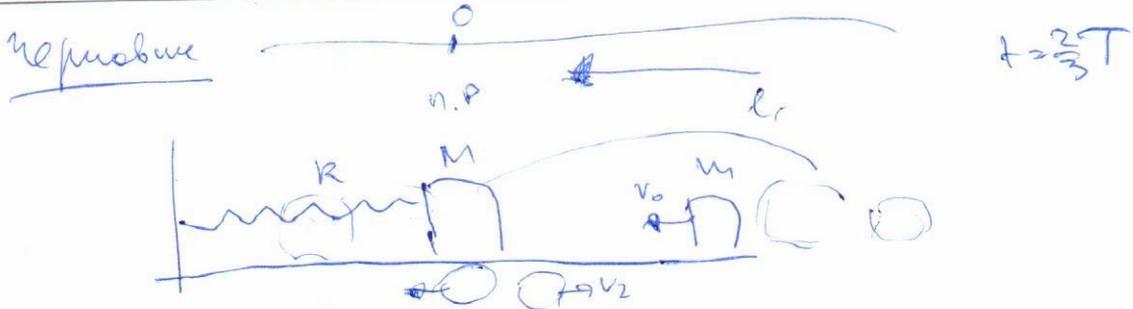
~~$\rho \cdot g \cdot h \cdot S = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$~~

~~$\rho \cdot g \cdot h \cdot S = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$~~

~~$\rho \cdot g \cdot h \cdot S = \rho \cdot g \cdot h \cdot S$~~

$M = \frac{\rho \cdot h \cdot S^2}{g} - \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot S^2}{M \cdot g}$

Время $t_{жидк}$



ЗСМ: $mv_0 = Mv_1 - mv_2$

$$\frac{Mv_1^2}{2} = \frac{Kx_c^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$\omega = \frac{M}{m} = 7$

$v_c = v_2 t$

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

~~Можно~~

$m\ddot{x} + kx = 0$

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

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

$x = A \sin(\omega t)$

$\frac{K A^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$

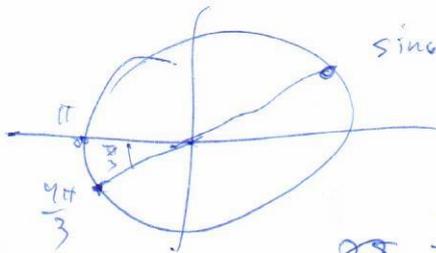
$A = \sqrt{\frac{m}{K}} v_1 = \frac{v_1}{\omega}$

$x = \frac{v_1}{\omega} \sin(\omega \frac{2}{3} T)$

$\cos(24; 100) =$

$= 2^3 - 3; 5^2 \cdot 2^2 = \frac{200}{100}$

$= 2^3 - 3 \cdot 5^2 = 600 \frac{20}{25}$



$\frac{1}{2T} + \frac{1}{T} = \frac{1}{R} \quad \frac{1}{T} = \frac{2}{3T} \quad T \rightarrow \frac{3T}{2}$

$\frac{3 \cdot 127}{4 \cdot 3 \cdot 4} + 1$

$\frac{513}{16,08} + 1$

$\frac{513 \cdot 1000}{1000} + 1$

$\frac{5130}{2004}$

