



86-36-23-24
(64.23)



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Полозовой Дарьи Алексеевны

Фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

оригинал

Дата

«11» февраля 2020 года

Подпись участника

СВ-

В изменении
оценки
отказаться
У

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов-2020»

ректору МГУ имени М.В. Ломоносова

академику В.А. Садовничему

от участника олимпиады по физике

Павел Дарья Денисов

11

(фамилия, имя, отчество, класс)

Вариант 1

А П Е Л Л Я Ц И Я на результат Олимпиады

Прошу пересмотреть выставленный мне технический балл за мою работу заключительного этапа по физике, с 578 на 80 по следующей причине (необходимо указать номер задачи; выставленный за нее балл; основание для пересмотра баллов; балл, который должен быть выставлен по мнению участника):

Задача Вопрос 4: знак „±“ не поставлен в
связи с тем, что сами величины f, F могут
быть как положительными, так и отрицательными
(формула в такой виде указана в некоторых учебниках);

Увеличение длины равно отношению геометрических размеров
изображения предмета и совпадает с модулем отношения
« 5 » марта 2020 г.

(подпись)

f/d

Примечание: В соответствии с Положением о порядке подачи и рассмотрения апелляций в рамках Олимпиады школьников «Ломоносов» «апелляцией на результат Олимпиады является аргументированное письменное заявление о несогласии с выставленными баллами».

86-36-23-24
(04.23)

Черновик

$$\begin{cases} mV_0 = -mU_1 + MU_2 \\ \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mU_1^2}{2} + \frac{MU_2^2}{2} \end{cases} \text{ по св-ву упругого удара}$$

$$MU_2 - mU_1 = mV_0$$

$$U_2 = m \frac{U_1 + V_0}{M}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mU_1^2}{2} + \frac{M}{2} \cdot \frac{m^2}{M^2} (U_1 + V_0)^2 = \frac{mU_1^2}{2} + \frac{m^2}{2M} (U_1^2 + 2U_1V_0 + V_0^2)$$

$$\frac{mM(V_0^2 - U_1^2)}{2M} = \frac{m^2}{2M} (U_1^2 + 2U_1V_0 + V_0^2)$$

$$MV_0^2 - MU_1^2 = mU_1^2 + 2mU_1V_0 + mV_0^2$$

$$(m+M)U_1^2 + 2mU_1V_0 + (m-M)V_0^2 = 0$$

$$\begin{aligned} D &= (2mV_0)^2 - 4(m+M)(m-M)V_0^2 = 4m^2V_0^2 - 4(m^2 - M^2)V_0^2 = \\ &= 4m^2V_0^2 - 4m^2V_0^2 + 4M^2V_0^2 = 4M^2V_0^2 = (2MV_0)^2 \end{aligned}$$

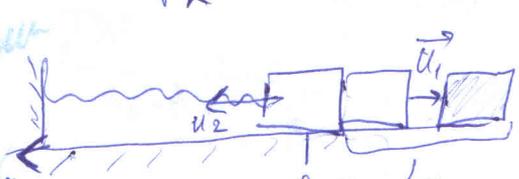
$$U_1 = \frac{-2mV_0 \pm 2MV_0}{2(m+M)} = 2V_0 \frac{M-m}{M+m}$$

$$U_2 = \frac{m}{M} \left(V_0 \frac{M-m}{M+m} + V_0 \frac{M+m}{M+m} \right) = \frac{m}{M} \left(V_0 \frac{2M}{M+m} \right) = V_0 \cdot \frac{2m}{M+m}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot V_0^2 \frac{M^2 - 2Mm + m^2}{M^2 + 2Mm + m^2} + \frac{M}{2} \cdot V_0^2 \cdot \frac{4m^2}{M^2 + 2Mm + m^2} =$$

$$= V_0^2 \left(\frac{mM^2 + 2Mm^2 + m^3 + 4M^2m}{2(M^2 + 2Mm + m^2)} \right) = \frac{mV_0^2}{2} \left(\frac{M^2 + 2Mm + m^2}{M^2 + 2Mm + m^2} \right)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$



$$L = U_1 \cdot \frac{1}{\omega} + U_2 \cdot \frac{1}{\omega} = x_1 + x_2$$

В уравнении
оценки
отнесутся

Скорость бруска на пружине максимальная сразу после сжатия;

$$\frac{MU_2^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = U_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

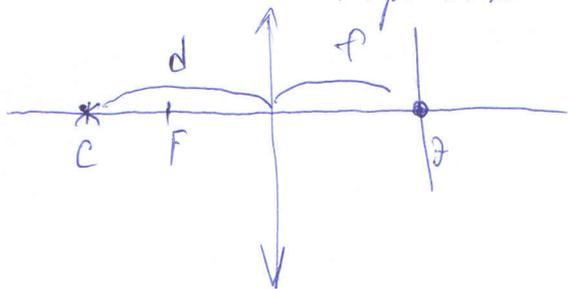
$$x(t) = A \sin(\omega t) = A \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t) = A \sin\left(\frac{7\pi}{6}\right) = -\frac{A}{2}$$

$$t_1 = \frac{7}{12} T = \frac{7}{12} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{7\pi}{6} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\frac{A}{2} = L \quad \frac{2mV_0}{M+m} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{7\pi}{6} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot V_0 \frac{M-m}{M+m} \quad \frac{m}{M+m} = \frac{7\pi(M-m)}{6(M+m)}$$

4.

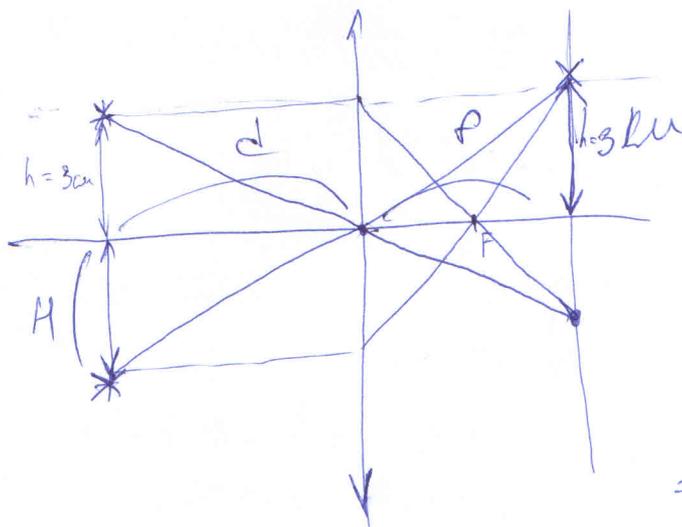
Чертовик



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

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

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{25 \cdot 10}{25-10} = \frac{250}{15} = \frac{50}{3} = 16\frac{2}{3} \text{ см}$$



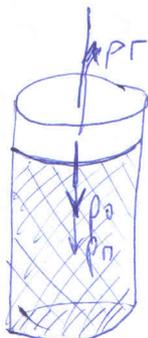
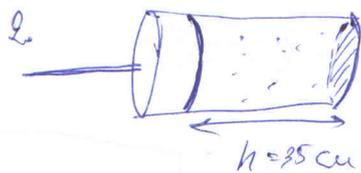
$$\frac{d}{f} = \frac{H}{h}$$

$$H = \frac{d h}{f} = \frac{d h (d-F)}{dF}$$

$$= \frac{h(d-F)}{F} = \frac{3 \cdot (25-10)}{10} =$$

$$= \frac{3 \cdot 15}{10} = 4,5 \text{ см}$$

Объем: $10 \cdot 7,5 \text{ см}$



$$\frac{mg}{S} + p_0 = p T_1 / p_0$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{\nu R T}{V} = \frac{\nu R T}{S(h-\Delta h)}$$

$$mg(h-\Delta h) = \nu R T_2$$

~~scribble~~

~~scribble~~

$$p_0 S h = (\nu_{\text{взгн}} + \nu_{\text{взг}}) R T_1$$

$$p_0 S = \frac{\nu_{\text{взгн}} R T_1}{\Delta h} + \frac{\nu_{\text{взг}} R T_1}{h}$$

$$mg = \frac{(\nu_{\text{взгн}} - \nu) R T_2}{h - \Delta h} + \frac{\nu_{\text{взг}} R T_2}{h - \Delta h}$$

~~scribble~~

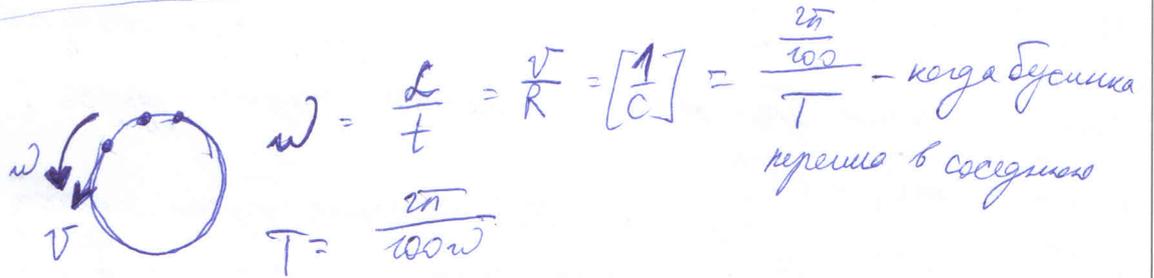
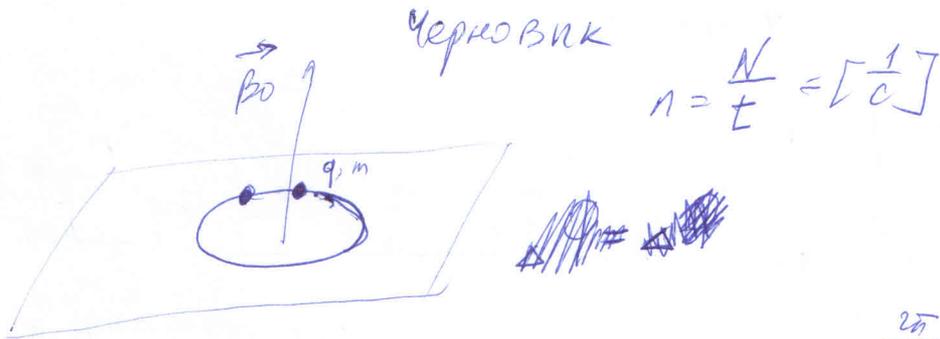
$$p_0 S + mg = \frac{(\nu_{\text{взгн}} - \nu) R T_2}{h - \Delta h} +$$

$$+ \frac{\nu_{\text{взг}} R T_2}{h - \Delta h}$$

$$- \frac{\nu_{\text{взгн}} R T_1}{h} - \frac{\nu_{\text{взг}} R T_1}{h}$$

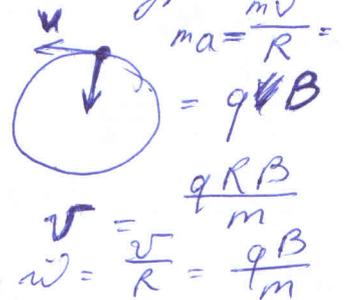


86-36-23-24
(64.23)



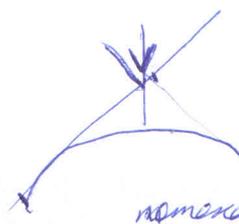
Большая ω \Rightarrow Большая v \Rightarrow меньше частота кадров
 \Rightarrow ω минимален и равен $\frac{2\pi}{100}$

$n = \frac{100\omega}{2\pi}$



Импульс материальной точки - векторная величина, характеризующаяся ее массой и скоростью в данный момент времени: $\vec{p} = m\vec{v}$. Импульс системы точек - векторная величина, равная векторной сумме импульсов каждой ~~точки~~ точки системы.

Закон сохранения импульса: в замкнутой консервативной системе (материальных точек) импульс сохраняется.



Магнитный поток через плоскую поверхность - скалярная величина

Магнитный поток через поверхность - скалярная величина, которую находят как $\int \vec{B} \cdot d\vec{S}$ или сумму магнитных потоков через маленькие поверхности

Чистовик

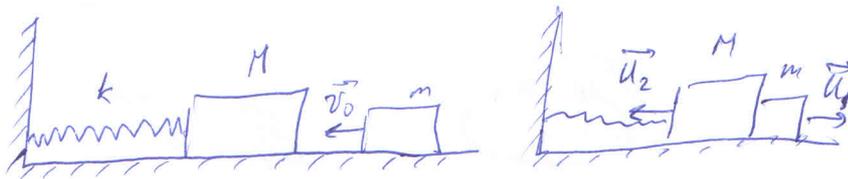
1.1.1. Дано:

$$t_1 = \frac{L}{v_0} \quad \Delta T$$

$$d = \frac{F}{k}$$

$$m, M$$

Найти: $n = \frac{M}{m}$



Запишем закон сохранения импульса и

энергии системы брусков для абсолютно упругого удара:

$$m \vec{v}_0 = m \vec{u}_1 + M \vec{u}_2$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{u_1^2}{2} + M \frac{u_2^2}{2}$$

где u_1 - скорость бруска массой m после удара, u_2 - скорости бруска массой M .

$$m v_0 = M u_2 - m u_1$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = m \frac{u_1^2}{2} + M \frac{u_2^2}{2}$$

$$u_2 = \frac{m}{M} (u_1 + v_0)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m u_1^2}{2} + \frac{m^2}{2M} (u_1^2 + 2u_1 v_0 + v_0^2)$$

$$\frac{mM(v_0^2 - u_1^2)}{2M} = \frac{m^2(u_1^2 + 2u_1 v_0 + v_0^2)}{2M}$$

15

$$M v_0^2 - M u_1^2 = m u_1^2 + 2m u_1 v_0 + m v_0^2$$

$$(m+M)u_1^2 + 2m u_1 v_0 + (m-M)v_0^2 = 0$$

решим относительно u_1 :

$$D = (2m v_0)^2 - 4(m+M)(m-M)v_0^2 = 4m^2 v_0^2 - 4m^2 v_0^2 + 4M^2 v_0^2 = (2M v_0)^2$$

$$u_1 = \frac{-2m v_0 \pm 2M v_0}{2(m+M)}$$

т.к. в системе уравнений мы рассматривали модуль скорости тел, то $u_1 \geq 0$

$$u_1 = v_0 \cdot \frac{M-m}{M+m}$$

$$u_2 = v_0 \cdot \frac{2m}{M+m}$$

Сразу после удара скорость бруска на пружине максимальна, т.к. пружина недеформирована.

Полная механическая энергия деформированной системы сохраняется \Rightarrow максимальная кинетическая энергия бруска равна максимальной потенциальной энергии пружины.

~~Чистовик.~~ $\frac{M U_2^2}{2} = \frac{k A^2}{2}$, где A — амплитуда колебаний бруска.

$$A = \cancel{U_2} U_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

Выберем направление оси Ox и начало координат.

Пусть точка с нулевой коорд. по Ox — положение равновесия бруска массой M .

Брусок массой m , движаясь с постоянной скоростью, сместится от нач. коорд. на $L = U_1 \cdot t_1 = 2U_1 T$ за время t_1 .

Период колебаний пружинного маятника равен $T = \frac{2\pi}{\omega}$, где ω — циклическая частота; $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$

Пусть уравнение $x(t)$ описывает координату бруска массой M в каждый момент времени. Подойдет уравнение $x(t) = -A \sin(\omega t)$: в момент $t=0$ координата равна 0 — положение равновесия; через четверть периода координата достигает амплитудного значения < 0 (т.е. в первую четверть периода брусок едет «влево»).

$x(t_1) = -A \sin(\omega t_1) = -A \sin(\omega \cdot 2T) = -A \sin(\omega \cdot 2 \frac{2\pi}{\omega}) = -A \sin(2\pi) = 0$ — координата бруска массой M , совпадающая со смещением.

Т.к. через t_1 бруски «встретились» то $-A \sin(2\pi) = 2U_1 T$

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

$$2U_1 T = \frac{7}{6} v_0 \cdot \frac{M-m}{M+m} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\frac{m v_0}{M+m} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{7\pi}{6} v_0 \frac{M-m}{M+m} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

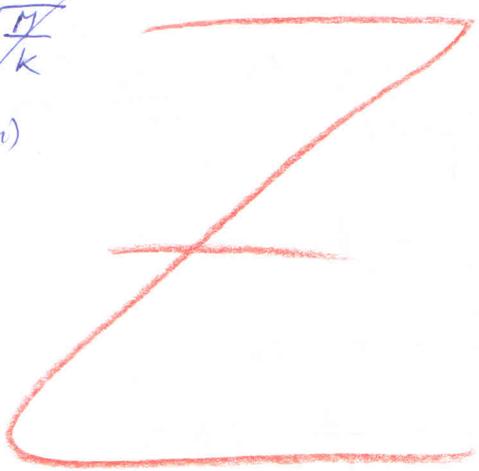
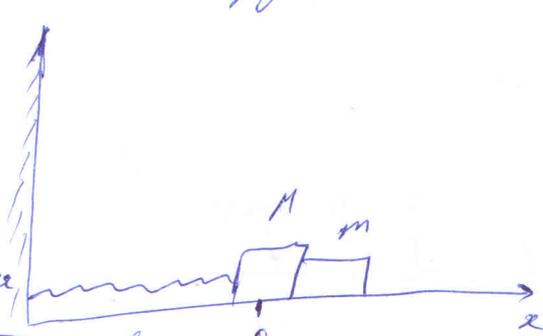
$$\frac{m}{M+m} = \frac{7\pi}{6} \cdot \frac{M-m}{M+m} \cdot 6(M+m)$$

$$6m = 7\pi M - 7\pi m$$

$$(7\pi + 6)m = 7\pi M$$

$$n = \frac{M}{m} = \frac{7\pi + 6}{7\pi}$$

Ответ: $\frac{7\pi + 6}{7\pi}$



Чистовик

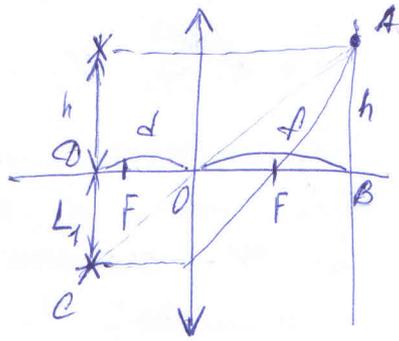
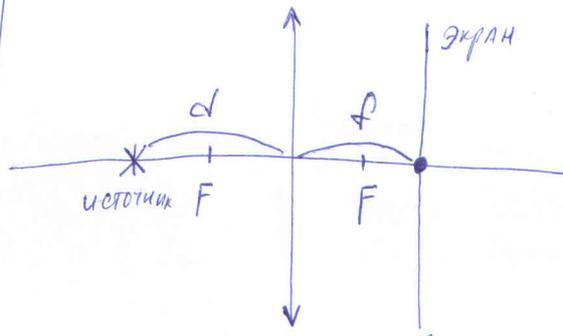
Ч. 10. 1 Дано:

$$F = 10 \text{ см}$$

$$d = 25 \text{ см}$$

$$h = 3 \text{ см}$$

Найти: L



Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F}$$

После смещения тонкой линзы точечный источник света и точка с бывшим изображением источника оказались на расстоянии h от главной оптической оси. Чтобы новое изображение источника оказалось в той же точке (в верхней полуплоскости), он сам должен оказаться в нижней полуплоскости.

Если сместить источник по горизонтали, изображение не попадет на экран. Сместив по вертикали. Построение изображения происходит двумя лучами: одним, проходящим через оптический центр линзы, и вторым, идущим параллельно главной оптической оси от источника и после преломления проходящим через фокус. Рассмотрим первый луч. Возьмем оптический центр O , точку с нужным изображением источника — A , точку пересечения экрана и главной оптической оси — B , источник света — C , основание перпендикуляра из C на OB — D . Тогда $\triangle ODC \sim \triangle OBA$ по 2 углам ($\angle CDO = \angle ABO = 90^\circ$, $\angle DOC = \angle OBA$ как

вертикальные) $\Rightarrow \frac{AB}{CD} = \frac{BO}{DO} \Rightarrow \frac{h}{L_1} = \frac{f}{d} = \frac{dF}{d(d-F)} = \frac{F}{d-F}$

$$L_1 = \frac{h(d-F)}{F}$$

$$L = h + L_1 = h + \frac{h(d-F)}{F} = \frac{hF + h(d-F)}{F} = \frac{hd}{F} =$$

$$= \frac{3 \cdot 25}{10} = 7,5 \text{ см}$$

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

(A)

Чисто Вак

Вопросы.

Вопрос 1. Импульс материальной точки — векторная величина, характеризующаяся ее массой и мгновенной скоростью: $\vec{p} = m\vec{v}$. Импульс системы материальных точек — векторная величина, равная векторной сумме импульсов материальных точек системы. $\vec{p}_{сист.} = \sum \vec{p}_i$ (8)

Закон сохранения импульса: в замкнутой системе материальных точек (тел) импульс сохраняется (постоянен).

Вопрос 2. Насыщенный пар — равновесное состояние системы жидкость — пар, при котором скорость испарения равна скорости конденсации.

Давление и плотность насыщенного пара не зависят от температуры, увеличиваются с ее ростом. насыщенность? зависимость от температуры?

Вопрос 3. Магнитный поток через плоскую поверхность — скалярная величина, определенная как произведение площади поверхности, находящейся в магнитном поле, и проекции магнитной индукции на нормаль к этой поверхности. $\Phi = BS \cos \alpha$, где α — угол между векторами магнитной индукции и нормалью. Магнитный поток через несколько поверхностей находится как алгебраическая сумма потоков через каждую из этих плоских поверхностей, на которых делится исследуемая поверхность.

Закон электромагнитной индукции: изменение магнитного поля, в котором находится проводящая замкнутая поверхность, порождает электрический ток (называемый индуцированным).

Вопрос 4. Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$, где F — фокусное расстояние линзы, f — расстояние от линзы до изображения, d — расстояние от линзы до предмета.

Увеличение линзы определяется как отношение соответствующих размеров изображения и предмета и равно $n = \left| \frac{f}{d} \right|$

Чистовик

Задача 3. Дано:

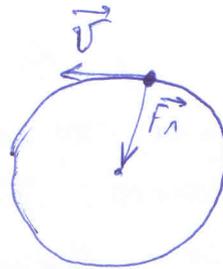
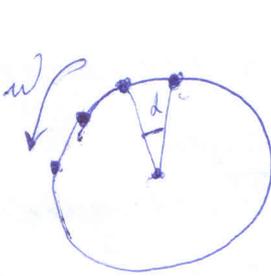
$N = 100$

$m = 10 \text{ мкг} = 0,01 \text{ мг} = 10^{-5} \text{ кг}$

$q = 10^{-7} \text{ Кл}$

$B_0 = 100 \text{ Тл}$

Найти: ~~максимальное~~ n_{max}



Здесь кольцо вращается с угловой скоростью ω во все включение магнитного поля: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где T - период вращения. Пусть d - шаг между соседними бусинками. Бусинок $N \Rightarrow d = \frac{2\pi R}{N}$

$\omega = \frac{d}{t} = \frac{2\pi R}{Nt}$, где t - время, за которое бусинка "перейдет" в соседнюю.

$n = \frac{M}{\tau}$, где M - кол-во кадров за время τ . Чтобы кольцо оставалось неподвижным, 1 кадр должен приходиться на время, кратное t :

$n = \frac{1}{k \frac{2\pi R}{N\omega}} = \frac{N\omega}{2\pi k}$. С увеличением k уменьшается

$n \Rightarrow$ максимальное n при $k = 1$, $n_{\text{max}} = \frac{N\omega}{2\pi}$

Включение магнитного поля эквивалентно включению его, направленного в другую сторону, из состояния отсутствия магнитного поля. Тогда на заряд, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца, создающая центростремительное ускорение: $m \frac{v^2}{R} = qvB$

$v = \frac{qBR}{m}$

$\omega = \frac{v}{R} = \frac{qB}{m}$

центростр. ускорение $\frac{v^2}{R}$ численное равенство силе Лоренца qvB

$n_{\text{max}} = \frac{NqB}{2\pi m} \approx \frac{100 \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-5}} \approx 16 \text{ мкс}^{-1}$

Ответ: $n_{\text{max}} = \frac{NqB}{2\pi m} \approx 16 \text{ с}^{-1}$

Чистовик

Дано:

$$t = 100^\circ \text{C} = 373^\circ \text{K}$$

$$h = 35 \text{ см} = 0,35 \text{ м}$$

$$\Delta h = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

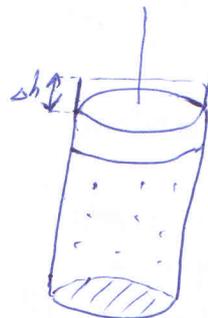
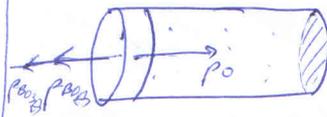
$$M = 10 \text{ кг}$$

$$S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Найти: Δm



В начальном положении поршень неподвижен \Rightarrow сумма сил, действующих на него, равна 0 \Rightarrow

т.к. площадь поршня постоянна (содержит в себе все поперечные сечения), то сумма давлений равна 0

$$p_0 S = \frac{\rho_{\text{возд}} R t}{S h} + \frac{\rho_{\text{вода}} R t}{S h} \Rightarrow p_0 = \frac{\rho_{\text{возд}} R t}{S h} + \frac{\rho_{\text{вода}} R t}{S h}$$

Во втором положении тоже можно записать равенства давлений внешних и внутренних.

$$p_0 + \frac{Mg}{S} = p_{\text{возд.1}} + p_{\text{водн.1}}, \quad p_{\text{возд.1}} = \frac{\rho_{\text{возд}} R t_1}{S(h-\Delta h)}$$

$$p_{\text{водн.1}} = \frac{(\rho_{\text{вода}} - \Delta \rho) R t_1}{S(h-\Delta h)}$$

Если часть воды конденсировалась, то вода достигла состояния насыщенного пара при $t = 100^\circ \text{C}$ $p_{\text{насыщ.}} = 10^5 \text{ Па} = p_0$

$$\Rightarrow \frac{Mg}{S} + p_0 = p_{\text{возд.1}} + p_{\text{водн.1}} \Rightarrow \frac{Mg}{S} = p_{\text{возд.1}} = \frac{\rho_{\text{возд}} R t_1}{S(h-\Delta h)}$$

Поддерживается постоянная температура $\Rightarrow t_1 = t$

$$\rho_{\text{возд.}} = \frac{Mg(h-\Delta h)}{Rt}$$

Подставим в первое равенство:

$$p_0 = \frac{\rho_{\text{возд}} R t}{S h} + \frac{\rho_{\text{водн}} R t}{S h} = \frac{Mg(h-\Delta h)}{S h} + \frac{\rho_{\text{водн}} R t}{S h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{водн}} = \frac{p_0 S h - Mg(h-\Delta h)}{R t}$$

$$p_{\text{водн.1}} = \frac{(\rho_{\text{водн}} - \Delta \rho) R t}{S(h-\Delta h)} = p_0 \Rightarrow \rho_{\text{водн}} - \Delta \rho = \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{R t}$$

$$\Delta \rho = \rho_{\text{водн}} - \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{R t} = \frac{p_0 S h - Mg(h-\Delta h)}{R t} - \frac{p_0 S(h-\Delta h)}{R t} =$$

Листовик

$$= \frac{\rho_0 S \Delta h - Mg(h - \Delta h)}{Rt}$$

$$\Delta m = \Delta V \cdot \mu = \frac{\rho_0 S \Delta h - Mg(h - \Delta h)}{Rt} \cdot \mu = \frac{10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,05 - 10 \cdot 10 \cdot (0,85 -$$

$$-0,05) \cdot 18 \approx \frac{50 - 30}{8,3 \cdot 373} \cdot 18 \approx \frac{360}{8,3 \cdot 373} \approx \frac{1000}{8,8} \approx 125 \text{ мг}$$

$$= \frac{50 - 30}{8,3 \cdot 373} \cdot 18 = \frac{360}{8,3 \cdot 373} \approx \frac{360}{8 \cdot 360} \approx 0,125 \text{ г} = 125 \text{ мг}$$

$$\text{Ответ: } \Delta m = \frac{\rho_0 S \Delta h - Mg(h - \Delta h)}{Rt} \cdot \mu \approx 125 \text{ мг.}$$