0 186369 610002

18-63-69-61
(65.24)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

демидр.

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Куссева Андрея Станиславовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

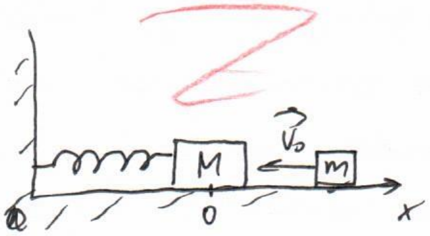
«21» февраля 2020 года

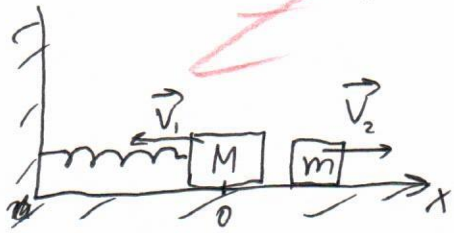
Подпись участника

18-63-69-61 (65.24)

Чистовик

1.1.2





Рассм. тот момент времени сразу после удара, когда пружина не успела деформир-ся. Тогда верен закон сохр. им-са для оси Ox; если скорости брусков массами M и m соотв. равны V_1 и V_2, то:

$-V_0 m = -V_1 M + V_2 m$;

$V_0 = V_1 \frac{M}{m} - V_2$; $V_2 = -V_0 + \frac{V_1 M}{m}$ (*)

По закону сохр. энергии: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$; из (*):

$mV_0^2 = MV_1^2 + m\left(V_0^2 - \frac{2V_0V_1M}{m} + \frac{V_1^2M^2}{m^2}\right)$;

$2V_0 M = MV_1 + \frac{V_1 M}{m}$; $2V_0 = V_1\left(1 + \frac{M}{m}\right) \Rightarrow V_1 = \frac{2V_0}{1+\frac{M}{m}} = \frac{2V_0 m}{M+m}$

$\Rightarrow V_2 = -V_0 + \frac{2V_0 M}{M+m} = V_0\left(-1 + \frac{2M}{M+m}\right) = \frac{V_0(M-m)}{M+m}$

Т.к. уж кол-ие гарм-ие, они описыв-ся след. функцией для оси Ox: $x(t) = x_m \sin(\omega t)$, где x_m — амп-да кол-ий, ω — цикл. частота

$\Rightarrow v(t) = x'(t) = x_m \omega \cos(\omega t) = V_m \cos(\omega t)$.

Т.к. брусок M обретает скорость V_1 в сост. равн-ия, то $x_m \omega = V_m = V_1$, причём как известно для пруж. маят-ов $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\Rightarrow x_m = \frac{V_1}{\omega} = \frac{2V_0 m}{M+m} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

Если считать за $t=0$ момент сразу после столк-ия, то расст-ие между брусками равно $\rho(t) = V_2 t - x_m \sin(\omega t)$

В момент времени $t_0 = \frac{5}{8}T = \frac{5}{8} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{5\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\rho(t_0) = 0 \Rightarrow$

$\frac{V_0(M-m)}{M+m} \cdot \frac{5\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2V_0 m}{m+M}\sqrt{\frac{m}{k}} \sin\frac{5\pi}{4}$; $5\pi(M-m) = -8m \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \mid \cdot \frac{1}{m}$;

$5\pi n - 5\pi = -4\sqrt{2} \Rightarrow$ $n = \frac{5\pi - 4\sqrt{2}}{5\pi}$ Ответ: $n = \frac{5\pi - 4\sqrt{2}}{5\pi} \approx 1{,}27$

82

N	1	2	3	4
Т	6	x	8	9
З	8	13	15	15

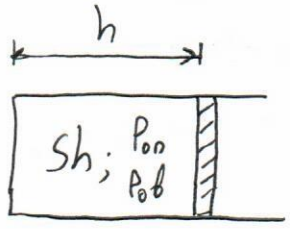
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

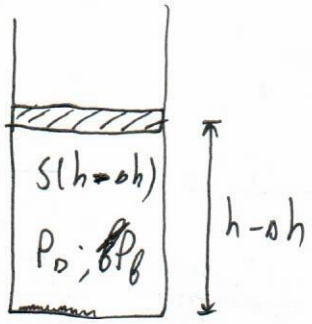
Чистовик

Ответ на вопрос: колебания называются гармоническими, если ~~их амплитуда не меняется с течением~~ их движение описывается законом синуса или косинуса. Амплитуда – максимальное отклонение от положения равновесия

Фаза –

2.4.7





Пусть $P_{0п}$ и $P_п$ – давление пара в начале и конце соотв; а $P_{0в}$ и $P_в$ – давление воздуха в начале и конце соотв. Тогда $P_{0п} + P_{0в} = P_0$; $P_п + P_в = P_0 + P_1$, где P_1 – давление поршня; $P_1 = \frac{Mg}{S}$.

По ур-ию Менд-Клапейрона для пара в начал. и конеч. сост.: $P_{0п} Sh = \frac{m}{M} RT$;

$P_п S(h-\Delta h) = \frac{m-\Delta m}{M} RT$, (**) где

m – начальная масса пара; $T = (t + 100)K = 373K$

т.к. сжатия воздуха – изотерм., то по закону Бойля-Мариотта:

$P_{0в} Sh = P_в S(h-\Delta h)$; $(P_0 - P_{0п})h = (P_0 + P_1 - P_п)(h-\Delta h)$;

$\frac{h-\Delta h}{h} = \frac{P_0 - P_{0п}}{P_0 + P_1 - P_п}$. А по (**): $\frac{h-\Delta h}{h} = \frac{m-\Delta m}{m} \cdot \frac{P_{0п}}{P_п} \Rightarrow$

$\frac{P_0 - P_{0п}}{P_0 + P_1 - P_п} = \frac{m-\Delta m}{m} \cdot \frac{P_{0п}}{P_п}$. Заметим, что пар в конечном состоянии находится в термодин. равновесии с водой, значит он насыщен; $P_п \approx P_0 \Rightarrow$ (+)

$1 - \frac{\Delta m}{m} = \frac{P_0}{P_{0п}} \cdot \frac{P_0 - P_{0п}}{P_1}$; $\frac{\Delta m}{m} = 1 - \frac{P_0(P_0 - P_{0п})}{P_{0п} P_1}$; $m = \frac{\Delta m P_{0п} P_1}{P_{0п}(P_1 + P_0) - P_0^2}$

$\Rightarrow P_{0к} Sh = \frac{RT}{M} \cdot \frac{\Delta m P_{0п} P_1}{P_{0п}(P_1 + P_0) - P_0^2}$; $P_{0п}(P_1 + P_0) - P_0^2 = \frac{RT \Delta m P_1}{MSh}$;

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

18-63-69-61
(65.24)

Чистовик

$$P_{оп} = \frac{\frac{RT\Delta m P_1}{\mu S h} + P_0^2}{P_0 + P_1} = \frac{RT\Delta m P_1 + P_0^2(\mu S h)}{(P_0+P_1)\mu S h} \Rightarrow$$

$$\frac{h-\Delta h}{h} = \frac{P_0 - P_{оп}}{P_1} = \frac{P_0 - \frac{RT\Delta m P_1 + P_0^2 \mu S h}{\mu S h (P_0+P_1)}}{P_1} =$$

$$= \frac{P_0}{P_1}\Big|_{P_0+P_1} - \frac{RT\Delta m}{\mu S h (P_0+P_1)} - \frac{P_0^2}{P_1(P_0+P_1)} = \frac{P_0}{P_0+P_1} - \frac{RT\Delta m}{\mu S h (P_0+P_1)} = 1 - \frac{\Delta h}{h}$$

$$\frac{\Delta h}{h} = 1 + \frac{RT\Delta m}{\mu S h (P_0+P_1)} - \frac{P_0}{P_0+P_1}$$

$P_1 = \frac{Mg}{S}$ надо писать

$$\Delta h = h + \frac{RT\Delta m h}{\mu S h (P_0+P_1)} - \frac{P_0 h}{P_0+P_1} = h + \frac{RT\Delta m h}{\mu h M g} - \frac{P_0 h}{P_0 + \frac{Mg}{S}} =$$

не хотел сл. хо... пе... вер...

$$= 0{,}35\,м + \frac{8{,}3\,\frac{Дж}{К\cdot моль}\cdot 373\,К\cdot 0{,}1\,г}{18\,г/моль\cdot 10\,кг\cdot 10\,м/с^2} - \frac{10^5\,Па\cdot 0{,}35\,м}{10^5\,Па + \frac{10\,кг\cdot 10\,м/с^2}{10^{-2}\,м^2}} \approx$$

$$\approx 0{,}35\,м + 0{,}17\,м - 0{,}32\,м = 0{,}2\,м$$

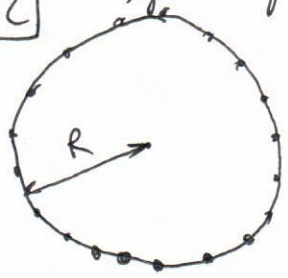
Ответ: 20 см.

Ответ на вопрос: удел. теплота парообразования — это физ. величина, численно равная кол-ву теплоты, необходимого для того, чтобы испарить 1 кг вещества.

Жидкость $T = const$

Виды парооб-ия:
- испарение (с повер-ти жидкости)
- кипичение (по всему объему жид-ти)

$\boxed{3.7.2}$



Пусть R — радиус кольца. $\odot \vec{B}$ Данную конструкцию можно считать проводящим контуром с суммарным зарядом Nq.

Тогда для него работает закон электромагнитной индукции: $|\mathcal{E}_i| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$,

где $\Delta\Phi = B_0 S = B_0 \pi R^2$, а Δt — малое время выключения магн. поля.

Работа индиц. ЭДС равна $A_i = \mathcal{E}_i I_i \Delta t = \Delta\Phi \frac{\Delta q}{\Delta t} = B_0 \pi R^2 \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t}$.

Чистовик

Т.к. кольцо разогналось не сразу, ~~то будем считать~~ а постепенно (почти равноуск-но), то будем считать, что шарики на кольце сместились на $\Delta S = \frac{V_0 t}{2}$ (V - скорость вращ. шариков). Тогда через поперечное сечение кольца за Δt прошел заряд $\Delta q = \frac{\Delta S q}{\ell / N}$, где ℓ - длина кольца ($2\pi R$) $\Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta S N q}{\ell \Delta t} =$

$= \frac{VNq}{2\ell} = \frac{VNq}{4\pi R} \Rightarrow A_i = \Delta\Phi \cdot \frac{VNq}{4\pi R} = B_0 \pi R^2 \cdot \frac{VNq}{4\pi R} = \frac{B_0 R^2 VNq}{4}$

По ЗСЭ работа инд. ЭДС перешла в кин. энергию шариков

$\frac{Nmv^2}{2} = \frac{B_0 R NVq}{4} \Rightarrow V = \frac{B_0 R q}{2m}$

Период вращ-ия кольца $T_0 = \frac{\ell}{V} = \frac{2\pi R \cdot 2m}{B_0 R q} = \frac{4\pi m}{B_0 q}$, но т.к. все шарики одинаковые, то положение шариков останутся теми же уже через $T = \frac{T_0}{N} = \frac{4\pi m}{B_0 N q}$

По условию, через $\frac{1}{n}$ секунд камера снова сфотогр. кольцо. Чтобы ожо осталось неподвиж, необходимо, чтобы $\frac{1}{n} = Tk$, где $k \in \mathbb{N}$; $\frac{1}{n} = \frac{4\pi m k}{B_0 N q}$; $B_0 = \frac{4\pi m k n}{Nq}$

Наим. значение B_0, очевидно, достигает при $k = 1 \Rightarrow$

$$\boxed{B_0 = \frac{4\pi m n}{Nq}} \approx \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-5}\ \text{кг} \cdot 8\ \text{с}^{-1}}{100 \cdot 10^{-7}\ \text{Кл}} \approx 100\ \text{Тл}$$

Ответ: 100 Тл

Ответ на вопрос: закон электр. индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре равен ~~скорости~~ скорости изменения магнит. потока, пронизывающего этот контур, взятой с обратным знаком. Правило Ленца: индукционный ток всегда направлен так, чтобы противодействовать изменению магн. потока, породившего его.

± нет формулы

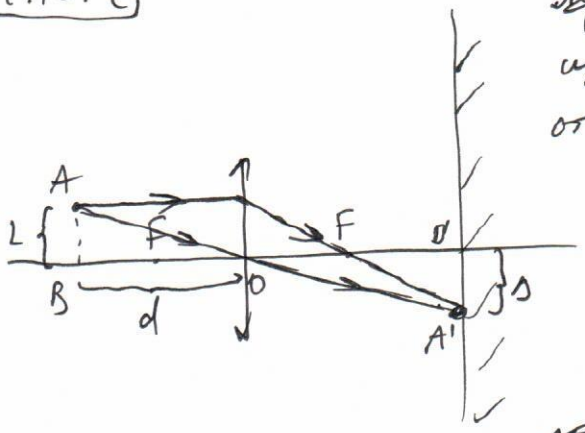
+

+

18-63-69-61
(65.24)

Числовик

Ч.10.2



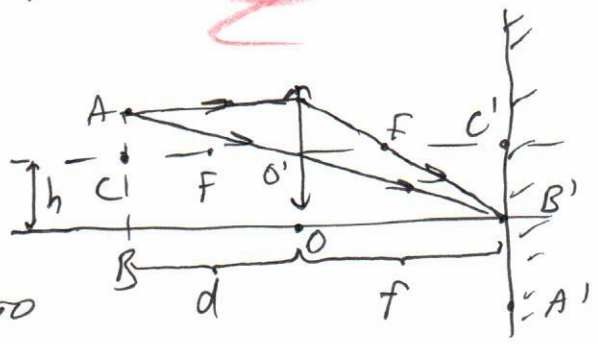
Т.к. на экране чёткое изображение, то расстояние от него до линзы f удовл. равенству

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

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

Из подобия $\triangle ABO$ и $\triangle A'B'O$: $\frac{L}{\Delta}=\frac{d}{f}=\frac{d-F}{F}$, где Δ – смещение изобр-ия; $\Delta=\frac{LF}{d-f}$

Сместим линзу на h. Расстояния от линзы до источника и экрана не поменялись, поэтому как и ранее справедливо, что



$$\frac{AC}{B'C'}=\frac{d}{f}=\frac{d-F}{F}$$, причём $AC=AB-h=L-h$; $B'C'=h \Rightarrow$

$$\frac{L-h}{h}=\frac{d-F}{F};\ hd-hF=LF-hF \Rightarrow$$

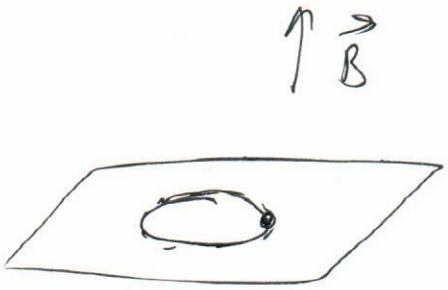
$$h=\frac{LF}{d}=\frac{8\text{ см}\cdot 15\text{ см}}{30\text{ см}}=4\text{ см}$$

Ответ: 4 см

Ответ на вопрос: тонкая линза – это линза, для толщины которой можно радиусов сфер, ограничивающих её. Фокус. расст-ие – расстояние от линзы до точки на гл. опт. оси, называемой фокусом, через которую проходят все преломившиеся лучи, ранее идущие парал-но гл. опт. оси. Опт. сила линзы – физ. величина, равная числу, обратному фокус. расст-ию линзы.

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

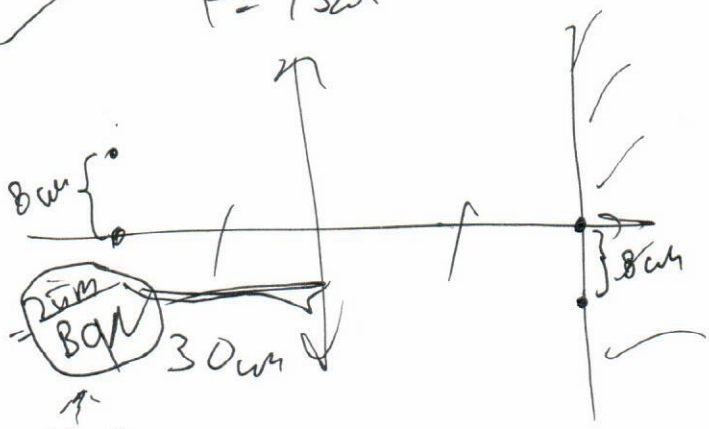
Черновик



$\vec{B}$

$b = 8$ см

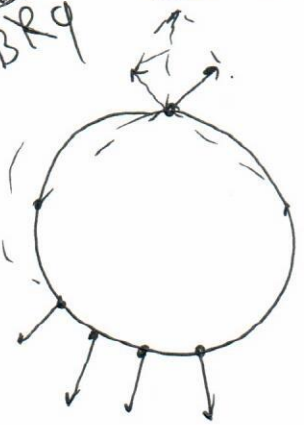
$F = 15$ см



$\frac{2\pi R^m}{BRq} = \frac{2\pi}{Bq}$

$I = \frac{S}{V} = \frac{2\pi R^m}{BRq}$

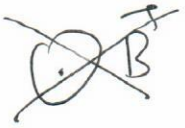
$\frac{I}{N}$



$F = \frac{dF}{d-F} = \frac{30 \cdot 15}{15} = 30$

$\Delta q = \frac{\Delta S}{\ell / N} q = \frac{\Delta S N q}{\ell} =$

$= \frac{V_0 t N q}{\ell} =$



$\Delta\Phi = BS$

$= \frac{V_0 t N q}{2\pi R}$

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

$\frac{Nmv^2}{2} = A = \mathcal{E}_i I \Delta t =$

$= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t} \Delta t =$

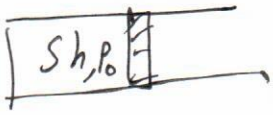
$= \frac{B\pi R^2}{\Delta t} \cdot \frac{V_0 t N q}{2\pi R t} =$

$= \frac{BRVNq}{2}$

$mv = BRq$

$V = \frac{BRq}{m}$

Черновик



$$P_{0п} S h = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$(P_0 + P_1) S (h - \Delta h) = \frac{m_1 - \Delta m}{\mu} R T$$

$$\frac{(P_0 + P_1)(h - \Delta h)}{P_0 h} = \frac{m_1 - \Delta m}{m_1} = 1 - \frac{\Delta m}{m_1}$$

$$\frac{\Delta m}{m_1} = 1 - \frac{(P_0 + P_1)(h - \Delta h)}{P_0 h}$$

$$\Delta m = m_1 - \frac{m_1 (P_0 + P_1)(h - \Delta h)}{P_0 h}$$

$$m_1 = \frac{\Delta m P_0 h}{P_0 h - P_0 \Delta h - P_1 h + P_1 \Delta h} =$$

$$P_{0п} = \frac{8{,}3 \cdot 373}{} = \frac{\Delta m P_0 h}{P_0 \Delta h - P_1 h + P_1 \Delta h}$$

$$\frac{P_{0в}}{P_в} = P_в S h = P_в S (h - \Delta h)$$

$$P_{0в} + P_{0п} = P_0$$

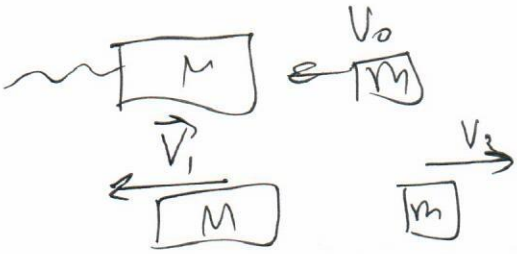
$$P_в + P_п = P_0 + P_1$$

$$(P_0 - P_{0п}) h = (P_0 + P_1 - P_п)(h - \Delta h)$$

$$P_{0п} = \frac{8{,}3 \cdot 373}{} = \frac{P_п}{P_{0п}} \cdot \frac{P_0 - P_{0п}}{P_0 + P_1 - P_п} = \frac{P_п (h - \Delta h)}{P_{0п} h} = \frac{m_1 - \Delta m}{m_1}$$

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

Черновик



$$\left(\frac{RT}{\mu g}\right) = \frac{Дж \cdot \cancel{моль}}{\cancel{моль} \cdot кг \cdot м/с^2} \quad Дж = кг \cdot м/с^2$$

$$V_0 m = V_1 M - V_2 m; \quad V_0 = \frac{V_1 M}{m} - V_2$$

$$\frac{mV_0^2}{\cancel{2}} = \frac{V_1^2 M}{\cancel{2}} + \frac{V_2^2 m}{\cancel{2}} \qquad V_2 = \frac{V_1 M}{m} - V_0$$

$$\cancel{mV_0^2} = MV_1^2 + m\cdot\left(\frac{V_1^2 M^2}{m^2} - \frac{2V_1 V_0 M}{m} + \cancel{V_0^2}\right)$$

$$2\cancel{V_1} V_0 \cancel{M} = \cancel{M} V_1^{\cancel{2}} + \frac{V_1^{\cancel{2}} M^{\cancel{2}}}{m}$$

$$\frac{\frac{H}{M}}{кг} = \frac{м/с^2}{M} = \frac{1}{с^2}$$

$$2V_0 = V_1 + \frac{V_1 M}{m} \qquad V_2 = \frac{2V_0 M}{m+M} - V_0 = V_0\left(\frac{2M}{m+M} - 1\right) = \frac{V_0(M-m)}{M+m}$$

$$\frac{2V_0 m}{m+M}$$

$$V_1 = \frac{2V_0}{1 + \frac{M}{m}}$$

$$t_0 = \frac{2\pi}{\omega}\cdot\frac{5}{8}$$

$$\rho(t) = V_1 t - x_m \sin(\omega t) = 0$$

$$\rho(t_0) = V_1 \cdot \frac{5\pi}{4}\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} - x_m \sin\left(\frac{5\pi}{4}\right) = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad + \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$x_m\sqrt{\frac{k}{m}} = x_m\omega = V_m = V_2 = \frac{V_0(M-m)}{M+m}$$

$$x_m = \sqrt{\frac{m}{k}}\cdot\frac{V_0(M-m)}{M+m}$$

$$\frac{2V_0 m}{m+M}\cdot\frac{5\pi}{4} + \frac{2\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{V_0(M-m)}{m+M} = 0$$

$$10\pi m + 2\sqrt{2}\frac{M}{m} - 2\sqrt{2}m = 0$$