



0 153352 640001

15-33-52-64

(64.29)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов ~~по физике~~
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Белыева Андрея Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Бел

№1.1.1.

Импульс материальной точки - вектор, равный произведению её массы на вектор её скорости.

Импульс системы мат. точек - сумма импульсов всех входящих в неё материальных точек

Закон сохранения импульса - замкнутая система материальных точек (т.е. не испытывающая воздействия извне) имеет постоянный импульс.

1) Пусть после столкновения ~~материальный~~ брусок ^{массы M} приобрёл скорость V_1 влево, а массы m - V_2 вправо. Тогда можно записать законы сохранения энергии и импульса для их системы:

$$\begin{cases} \frac{M V_0^2}{2} = \frac{M V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} \\ m v_0 = M V_1 - m V_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_0^2 = V_1^2 + V_2^2 \\ V_0 = V_1 - V_2 \end{cases}$$

2) Рассмотрим колебания бруска M: (A - их амплитуда, T - период, ω - угловая частота)

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

$$\frac{M V_1^2}{2} = \frac{k A^2}{2} \quad \text{(закон сохранения энергии для кинет. энергии в } t=0 \text{ и потенц. в } t=\frac{T}{4})$$

$$\Downarrow A = V_1 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

3) Рассмотрим, как через $\frac{7}{12} T$ брусок M достиг бруска m, отсчитав их координаты от точки столкновения:

$$\frac{7}{12} T V_2 = -A \sin(\omega \cdot \frac{7}{12} T) = -A \sin(\frac{7\pi}{6}) = A \sin(\frac{\pi}{6}) = \frac{A}{2}$$

$$\frac{7\pi V_2}{6} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{1}{2} V_1 \sqrt{\frac{M}{k}} ; \quad 7\pi V_2 = 3 V_1 ; \quad V_1 = \frac{7\pi}{3} V_2 \quad \text{подставили это в ур-ие из пункта 1:}$$

$$4) \begin{cases} V_0 = V_2 \left(\frac{7\pi n}{3} - 1 \right) \\ V_0^2 = V_2^2 \left(\frac{49\pi^2 n^2}{9} + 1 \right) \end{cases}$$

~~$$\frac{49\pi^2 n^2}{9} - \frac{14\pi n}{3} + 1 = \frac{49\pi^2 n^2}{9} + 1$$~~

$$\frac{49\pi^2 n^2}{9} - \frac{14\pi n}{3} + 1 = \frac{49\pi^2 n^2}{9} + 1 \quad | \cdot \frac{9}{7\pi n}$$

$$7\pi n - 6 = 7\pi$$

$$\boxed{n = 1 + \frac{6}{7\pi}} \quad (\approx 1,3)$$

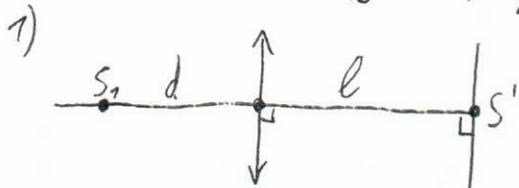
15

№ 4.10.1.

Формула тонкой линзы - $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, где d - расст. до объекта, f - расст. до изображения, F - фокусное расстояние. (~~длина~~ положительные направления для d и f противоположны, $F > 0$ для собир. линзы и < 0 для рассеивающей). *

Увеличение линзы - отношение размера изображения к размеру объекта, ~~или отношение~~ ~~расстояний~~ до них ($\frac{f}{d}$), что численно эквивалентно.

* Смысл этих величин: d - расстояние вдоль оси линзы от её центра до объекта; f - расстояние, на котором будут фокусироваться лучи от объекта, прошедшие через линзу; F - расстояние, на котором фокусируется параллельный пучок, прошедший сквозь линзу.



Запишем ур-е линзы до и после:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{x} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \end{array} \right\} \Rightarrow x = d$$

$\frac{y}{h} = \frac{x}{l} = \Gamma$ - увеличение линзы

$$y = d \cdot \frac{h}{l} = \cancel{d \cdot h} \cdot d \cdot h \cdot \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right) = 25 \cdot 3 \cdot \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{25} \right) = 25 \cdot 3 \cdot \frac{3}{50} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ см}$$

искаемое L - длина $S_1 S_2$ равна:

$$L = y + h = \boxed{7,5 \text{ см}}$$



~~№ 3.7.1.~~
№ 3.7.1.

Магнитный поток — магнитная индукция, проходящая через некоторый контур, умноженная на площадь, ограничиваемую этим контуром. ($\Phi = BS$) *нет cos α*

Э/м индукция — явление, при котором изменение магнитного потока через замкнутый контур наводит в нём электродвижущую силу ($\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$)

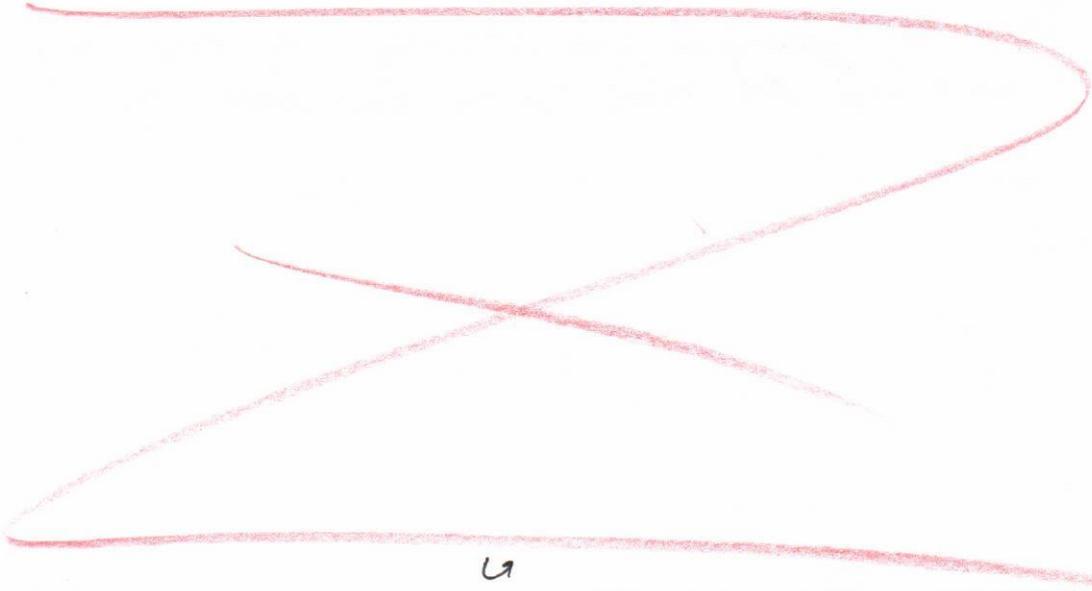
1) Допустим, отключение магнитного поля длилось время t . Тогда $\Delta\Phi = 0 - B_0 S = -B_0 S$, где S — площадь кольца, а $\mathcal{E} = \frac{B_0 S}{\Delta t}$ — ЭДС на кольце во время отключения

2) ~~Рассмотрим~~ Рассмотрим влияние этой ЭДС на каждую из бусинок: если бусинка приобрела скорость v , то за время t она прошла разность потенциалов $\frac{vt}{2\pi r} \cdot \mathcal{E}$, где r — радиус нашего кольца. Тогда энергия, данная ей, равна $\frac{vt}{2\pi r} \cdot \mathcal{E} \cdot q = \frac{B_0 S q v t}{2\pi r} = \frac{B_0 v q \cdot \pi r^2}{2\pi r} = \frac{B_0 v q r}{2}$, а энергия, ~~набываемая~~ *приобретённая* ей, равна $\frac{mv^2}{2}$. По закону сохранения энергии эти величины равны, т.е. $\frac{B_0 v q r}{2} = \frac{mv^2}{2}$, $v = \frac{B_0 q r}{m} \Rightarrow \omega = \frac{B_0 q}{m}$ — угловая скорость каждой из бусинок, т.е. и всего кольца.

3) Чтобы в ~~каждое~~ фильме кольцо не двигалось, за один кадр каждая бусинка должна сместиться на место другой, т.е.

$\omega \cdot \frac{1}{n} = k \cdot \frac{2\pi}{N}$, $k \in \mathbb{Z}$. n будет максимальным (из конечных) при $k=1$. $n = \frac{\omega N}{2\pi k} = \frac{\omega N}{2\pi} = \frac{B_0 q N}{2\pi m} = \frac{100 \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{100}{2\pi} = \boxed{\frac{50}{\pi}} \approx 16$ кадров в секунду

Шлибы в 2 раза
 Из-за того, что диаметр колец
 стал в 2 раза больше, а не
 уменьшился



№ 2.4.1.

Насыщенный пар - пар, в котором испарено максимальное количество воды при данной температуре (т.е. когда скорость испарения равна скорости ~~из~~ конденсации)

Плотность насыщенного пара обратно пропорциональна температуре, давлению - прямо пропорционально.

Обе величины зависят от температуры T

Если бы я помнил конкретные формулы для p и ρ насыщ. пара, а бы, наверное, решил задачу, используя также:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

~~$\rho_{н.п.} = \frac{x \mu}{RT}$~~ - ~~как~~ как мне кажется, формула плотности насыщ. пара (x - молярная масса параобразования).

В горизонтальном состоянии ^{сила тяжести} ~~все~~ поршня не играла роли, но в вертикальном она добавляла $\frac{Mg}{S}$ к давлению. Для равновесия в первом случае давление было равно p_0 , во втором случае - $p_0 + \frac{Mg}{S}$.

~~Эта система уравнений решается в стандартном виде.~~

$$\begin{cases} p_0 h S = RT_0 y & (y = \frac{m_{\text{возд.}}}{\mu_{\text{возд.}}} + \frac{m_{\text{пар.}}}{\mu}); (T_0 = t + 273 = 373^\circ\text{K}) \\ (p_0 + \frac{Mg}{S}) h S = RT_1 (y - \frac{\Delta m}{\mu}) \end{cases}$$

Если из уравнений для насыщ. пара выразить T_1 , этой системы хватит чтобы выяснить Δm .

Решение не закончено



ЧЕРНОВИК

№1.

ИМПУЛЬС МАТ. ТОЧКИ - ВЕКТОР ЕЕ СКОРОСТИ УМНОЖЕН. НЫН КА ЕЕ МАССУ. Для системы - сумма импульсов всех м. точек. В замкнутой системе м. м. импульсы постоянны

$$\begin{cases} mV_0 = MV_1 - mV_2 \\ \frac{mV_0^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} \\ V_2 \cdot \frac{7}{12} T = A \cdot \sin(\omega \cdot \frac{7}{12} T) \\ T = \frac{2\pi}{\omega}, \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} \\ \frac{MV_1^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \end{cases}$$

$M \rightarrow V_2$
 $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$

$$\begin{cases} V_0 = nV_1 - V_2 \\ V_0^2 = n^2V_1^2 + V_2^2 \\ V_2 = \frac{7\pi}{6} \sqrt{\frac{M}{k}} = A \sin \frac{7\pi}{6} = \frac{A}{2} \\ MV_1^2 = kA^2 \end{cases}$$



$$A = V_2 \sqrt{\frac{M}{k}} \quad 7\pi V_2 \sqrt{\frac{M}{k}} = 3A = 3V_2 \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\begin{cases} 7\pi V_2 = 3V_1 \\ V_0 = nV_1 - V_2 \\ V_0^2 = n^2V_1^2 + V_2^2 \end{cases}$$

$$1 + \frac{6}{7\pi} \approx 1 + \frac{2.8}{7.8} = 1 + \frac{2}{7} \approx 1.3$$

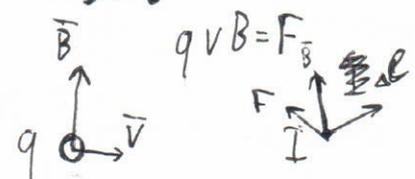
$$\begin{cases} V_1 = \frac{7\pi}{3} V_2 \\ V_0 = V_2 \cdot (\frac{7\pi n}{3} - 1) \\ V_0^2 = V_2^2 (\frac{49\pi^2 n^2}{9} - 2) \end{cases}$$

$$\frac{49\pi^2 n^2}{9} - 2 = \frac{49\pi^2 n^2}{9} - 2 \quad | : \frac{7}{9}$$

$$7\pi^2 n^2 - 6\pi n = 7\pi^2 n \quad 7\pi n = 7\pi + 6 \quad \boxed{n = 1 + \frac{6}{7\pi}}$$

2.12
0.28
20
74
-60
56
40

N3. ?



$$\Phi = \frac{qB}{5} = \frac{qB}{2\pi r^2}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

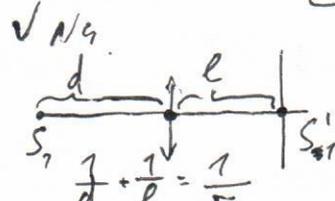
$$\mathcal{E} = -\frac{B}{\pi r^2} \frac{dq}{dt}$$

$$\mathcal{E} = \frac{A}{96} \quad A = -\frac{qB}{\pi r^2} \frac{dq}{dt}$$

$$P = UI \quad \frac{dA}{dt} = \mathcal{E} \cdot \frac{q}{dt}$$

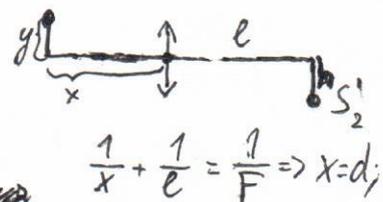
$$A_0 = NA = -\frac{NgB}{\pi r^2} \frac{dq}{dt} \quad \frac{m \cdot N \cdot V^2}{2} = -\frac{NgB}{\pi r^2} \frac{dq}{dt}$$

$$V^2 = -\frac{2qB}{\pi r^2 m \omega^2} \quad \omega^2$$



$$\frac{1}{l} = \frac{1}{22} \frac{1}{10} - \frac{1}{25} = \frac{10-4}{100} = \frac{6}{100} = \frac{3}{50}$$

$$l = \frac{50}{3}$$



$$\frac{1}{x} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \Rightarrow x = d;$$

$$\frac{x}{l} = \frac{y}{h} \quad x = y \cdot \frac{l}{h} = y \cdot \frac{50}{3} \cdot \frac{1}{50} = \frac{y}{3}$$

$$y = \frac{9}{50} x = \frac{9}{50} d = \frac{9}{2} = 4.5 \text{ см}$$

$$L = y + h = 7.5 \text{ см}$$

ЧЕРНОВИК

$$w = \frac{qB}{m}$$

$$v = \frac{Bq}{\mu_0 \epsilon_0^{1/2} m} = \frac{qBr}{m} \cdot \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0^{1/2} r} = mv$$

N2.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\left(\frac{Mg}{S} + p_0\right)HS = RT_0 \left(\frac{m_{0032}}{\mu_{0032}} + \frac{m_{0021}}{\mu_{0021}}\right)$$

$$\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot (H-h) \cdot S = RT_0 \left(\frac{m_{0032}}{\mu_{0032}} + \frac{m_{0021} - \Delta m}{\mu_{0021}}\right)$$

$$h \cdot (p_0 S + Mg) = RT \frac{\Delta m}{\mu_{0021}}$$

$$\Delta m = \frac{h \mu_{0021} (p_0 S + Mg)}{RT}$$

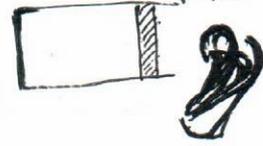
$$ma = F = qvB$$

$$mv = qLB$$

$$F = ma = qL \frac{qB}{S}$$

$$\epsilon \cdot \frac{vL}{2\pi r} \cdot q$$

$$= \frac{mv^2}{2} = \frac{q^2 B^2 L^2}{2S}$$



$$\frac{m_{0032}}{\mu_{0032}} + \frac{m_{0021}}{\mu_{0021}} = x - \text{известно}$$

$$\Delta m = \frac{m_{0021}}{\mu_{0021}} (x - \frac{y}{2}) \cdot \mu_{0021}$$

$$\Delta m = (x - \frac{y}{2}) \cdot \mu_{0021}$$

$$\Phi = BS$$

$$\epsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$p_0 H S = RT_0 x$$

$$(p_0 S + Mg)(H-h) = RT_0 x$$

$$10^5 \cdot 0,35 \cdot 0,01 = 8,3 \cdot 373 \cdot x$$

$$(10^5 \cdot 0,01 + 10 \cdot 10) \cdot (0,35 - h_1) = 8,3 \cdot 373 \cdot x$$

$$350 = 1100 \cdot (0,35 - h_1) = 11 \cdot (35 - 100h_1) = 385 - 1100h_1$$

$$1100h_1 = 35$$

$$h_1 = \frac{35}{1100} = \frac{7}{220} \text{ м} \approx \frac{70}{22} \text{ см} \approx 3,18 \text{ см}$$

$$x = \frac{350}{8,3 \cdot 373} \approx \frac{3500}{83 \cdot 373}$$

$$\frac{Nm(\omega r)^2}{2} = \frac{NBq}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$(p_0 S + Mg)(H-h) = RT_0 x$$

$$\epsilon \cdot q = A = \frac{Bq}{S \Delta t}$$

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{A}{q}$$

$$\frac{Bq}{S \Delta t} = \frac{A}{q}$$

$$U = \frac{A}{q}$$

$$\frac{Aq}{\epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{q}{\Delta t} = \frac{Aq}{\epsilon_0 \epsilon \Delta t} = Av$$

$$IU = P$$

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

$$m \frac{B}{S \Delta t} = \frac{A}{q}$$

$$P = \frac{A}{\Delta t}$$

$$U = \frac{A}{q} = \frac{Fl}{q}$$

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{Bq}{S \Delta t}$$

$$-Bq = \mu_0 \epsilon_0^{1/2} v^2 m$$

ЧЕРЮВИК

~~$\rho_0 h s = RT_0$~~
 ~~$\rho_0 h s = RT_1$~~

max n: ~~...~~

$\frac{\omega}{n} = k \cdot \frac{2\pi}{N}, k \in \mathbb{Z}$

n - макс, когда k=1

$n = \frac{\omega N}{2\pi} = \frac{v_0 n N}{2\pi m} =$

$= \frac{100 \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-8}} =$

$= \frac{10^{-3}}{2\pi \cdot 10^{-5}} = \frac{100}{2\pi} = \frac{50}{\pi}$

50 | 3,14

~~5000~~

~~500~~ | 37

~~37~~ | 1,6,7

~~290~~ | 2, 7,5

~~186~~ | 7,5

~~40~~ | 4,5

~~25~~



$\rho = \frac{RT}{h s}$
 $\rho = \frac{RT}{h s}$

увеличение
плотности
парообразования
2,6 · 10⁶

$\frac{m}{\mu} RT = pV$

$\rho \cdot \frac{RT}{\mu} = p$ $\rho = nRT \cdot N_A$

$\rho_0 h s = RT_0 \left(\frac{m_{\text{возд}}}{\mu_{\text{возд}}} + \frac{m_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}} \right)$

$(\rho_0 + \frac{m_{\text{в}}}{s}) \cdot (h - \Delta h) = RT_1 \left(\frac{m_{\text{возд}}}{\mu_{\text{возд}}} + \frac{m_{\text{в}} - \Delta m}{\mu_{\text{в}}} \right)$

? кг
моль

$\frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot X$

$\frac{T_1}{T_0}$

$\frac{\Delta x}{kr}$

$m_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{нп373}} = (m_{\text{в}} - \Delta m) \rho_{\text{нпT}_1} + \Delta m \rho_{\text{в}25}$

$\Delta m (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{нпT}_1}) = m_{\text{в}} (\rho_{\text{нп373}} - \rho_{\text{нпT}_1})$

$m_{\text{в}} \approx 15 \cdot 0,35 \cdot 0,01 = 0,0525$

$\rho_{\text{нп373}} = \frac{m_{\text{в}}}{h s} \approx 15$

$\rho_{\text{нпT}_1} = \frac{m_{\text{в}} - \Delta m}{(h - \Delta h) s} = \frac{m_{\text{в}}}{h s} \cdot \frac{T_0}{T_1}$

$\frac{2,6 \cdot 10^6 \cdot 0,018}{8,3 \cdot T}$

$= \frac{2600 \cdot 18}{8,3 \cdot 373}$

$\approx \frac{6,97 \cdot 18}{8,3}$

$\approx 15,1$

$\frac{m_{\text{в}} - \Delta m}{0,3 \cdot 0,01} = \frac{m_{\text{в}}}{0,35 \cdot 0,01} \cdot \frac{373}{T_1}$

$0,3 m_{\text{в}} = 0,35 m_{\text{в}} - 0,35 \Delta m$

$0,05 m_{\text{в}} = 0,35 \Delta m$

$m_{\text{в}} = 7 \Delta m$

$\Delta m = \frac{m_{\text{в}}}{7}$

$\frac{m_{\text{возд}}}{1,29} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{нп373}}} = 0,0035$

$\frac{m_{\text{возд}}}{1,29} + \frac{m_{\text{в}} - \Delta m}{\rho_{\text{нпT}_1}} = 0,003$

$\begin{array}{r} 125,5 \\ - 83 \\ \hline 42,5 \\ - 41,5 \\ \hline 100 \end{array}$

$\begin{array}{r} 7,5 \\ \times 0,97 \\ \hline 71,76 \\ 697 \\ \hline 725,46 \end{array}$