

16-88-30-67

(68.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3 (Чебоксары)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»

по Физике

Алексеева Илья Александрович

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

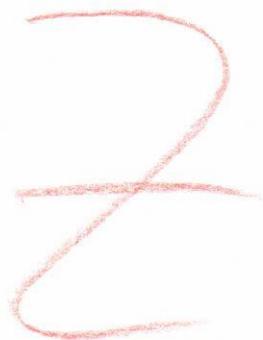
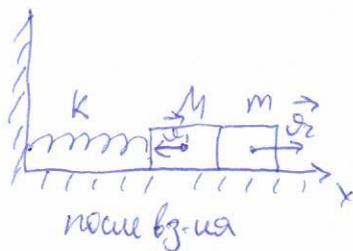
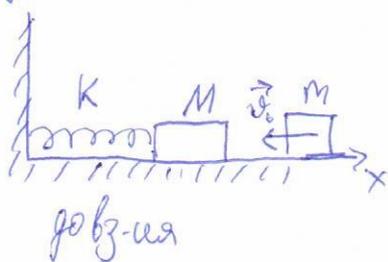
Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

16-88-30-67
(68.1)

Задача 1.1.3.



1) по закону сохранения импульса:

$$-m v_0 = m v_2 - M v_1$$

по закону сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} -m v_0 = m v_2 - M v_1 \\ m v_0^2 = M v_1^2 + m v_2^2 \end{cases} \Leftrightarrow$$

83

$$\Leftrightarrow \begin{cases} M v_1 = m(v_2 + v_0) \\ M v_1^2 = m(v_0^2 - v_2^2) \end{cases} \Rightarrow v_1 = v_0 - v_2 \Rightarrow -m v_0 = m v_2 - M(v_0 - v_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_2 = \frac{v_0(M-m)}{m+M} \Rightarrow v_1 = v_0 - \frac{v_0(M-m)}{m+M} = \frac{v_0 m + v_0 M - v_0 M + v_0 m}{m+M} = \frac{2 v_0 m}{m+M}$$

2) гармонические колебания бруска M: $x = -x_m \sin \omega t$,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{M}}, \text{ значит через } \frac{2T}{3}: x = -x_m \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{2T}{3} \sqrt{\frac{M}{k}}\right) = -x_m \sin \frac{4\pi}{3}$$

за время, равное двум третьим периода, брусок m пройдет путь и

примет положение: $x = v_2 \cdot \frac{2T}{3} = \frac{4\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{v_0(M-m)}{m+M}$

получим из равенства координат: $-x_m \sin \frac{4\pi}{3} = \frac{4\pi}{3} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{v_0(M-m)}{m+M} (*)$

амплитуда x_m находится из закона сохр. энергии колебаний:

$$\frac{k x_m^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2} \Leftrightarrow x_m = v_1 \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{2 v_0 m}{m+M} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

3) решаем (*): $\frac{2 v_0 m}{m+M} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{4\pi}{3} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \frac{v_0(M-m)}{m+M} \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow \frac{m\sqrt{3}}{m+M} = \frac{4\pi(M-m)}{3(m+M)} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{1+n} = \frac{4\pi(n-1)}{3(1+n)} \Leftrightarrow 3\sqrt{3} + 3\sqrt{3}n = 4\pi n - 4\pi + 4\pi n^2 - 4\pi n$$

1

33	50
7	15
7	8
10	15
5	12
14	30

$$4\pi n^2 - 3\sqrt{3}n - 4\pi - 3\sqrt{3} = 0$$

$$D = 27 + 16(4\pi + 3\sqrt{3}) = 27 + 48\sqrt{3} + 64\pi$$

$$n = \frac{3\sqrt{3} + \sqrt{27 + 48\sqrt{3} + 64\pi}}{8\pi}$$

Ответ: $n = \frac{3\sqrt{3} + \sqrt{27 + 48\sqrt{3} + 64\pi}}{8\pi}$

Вопросы.

• Потенциальная энергия падающей шари — работа, которую может совершить данное падающее тело. Потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли: $E_{пот} = mgh$, где m — масса тела, $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение свобод. падения вблизи Земли, h — высота тела вблизи Земли над поверхностью Земли. Потенц. энергия деформированной пружины: $E_{пот} = \frac{kx^2}{2}$, где k — коэф. жесткости пружины, x — удлинение пружины.

Задача 2.4.3.

Дано:

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

$h = 35 \text{ см}$

$\Delta h = 5 \text{ см}$

$\Delta m = 0,12$

$S = 100 \text{ см}^2$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$

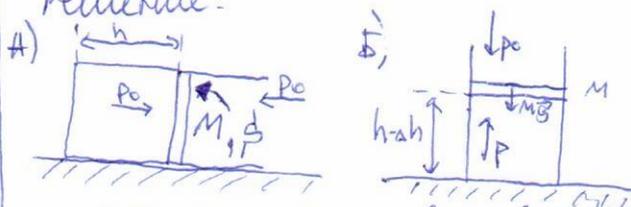
$\mu = 18\% \text{ масс}$

$\rho = 10 \text{ м/с}^2$

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

Найти: M

Решение:



1) поршень находится в равновесии, давление пара в А) равно атмосферному.

$$p_0 \cdot (h \cdot S) = \frac{\nu}{M} R(t+273) \Rightarrow \nu = \frac{p_0 h S M}{R(t+273)}$$

под поршнем — это вод. пар. ν — кол-во шари

2) давление в Б) складывается из атмосферного давления и давления пара: $p = p_0 + \frac{Mg}{S} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p \cdot ((h-\Delta h)S) = \frac{M-\Delta m}{M} R(t+273) = \left(1 - \frac{\Delta m}{M}\right) R(t+273)$$

$$3) \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot (h-\Delta h) \cdot S = \left(\frac{p_0 h S}{R(t+273)} - \frac{\Delta m}{M}\right) R(t+273)$$

$$M = \left[\frac{p_0 h S}{S(h-\Delta h)} - \frac{\Delta m R(t+273)}{M} - p_0 \right] \cdot \frac{S}{g} \quad \text{②}$$

16-88-30-67
(68.1)

$$\begin{aligned} & \textcircled{=} \frac{\rho_0 h \beta - \rho_0 h \beta + \rho_0 \Delta h \beta - \frac{\Delta m}{M} R (t + 273)}{g(h - \Delta h)} = \\ & = \frac{\rho_0 \Delta h \cdot \beta - \frac{\Delta m}{M} R (t + 273)}{g(h - \Delta h)} \quad \text{— итоговая формула} \\ M &= \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} - \frac{10^{-4}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,3 \cdot 373}{10 \cdot 3 \cdot 10^{-1}} = \frac{50 - \frac{8,3 \cdot 373}{180}}{3} = \\ & = \frac{9000 - 8,3 \cdot 373}{540} = \frac{9000 - 2400 - 560 - 24 - 90 - 21 - 99}{540} = \\ & = \frac{6600 - 674 - 21,9}{540} = \frac{5926 - 21,9}{540} = \frac{5904,1}{540} \approx 10,93 \text{ кг} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} \overline{59041} \overline{)5400} \\ -5400 \quad | \quad 10,933 \\ \hline 50410 \\ -48600 \\ \hline 18100 \\ -16200 \\ \hline 19000 \end{array}$$

Ответ: $M = 10,93 \text{ кг}$

Вопрос. Температура кипения — температура, при которой жидкость начинает переходить в газообразное состояние. Этот процесс возможен тогда, когда давление насыщенных паров жидкости не меньше внешнего давления (атмосферного). Поэтому температура кипения понижается при уменьшении внешнего давления и увеличивается при увеличении внешнего давления.

Задача 3.7.3.

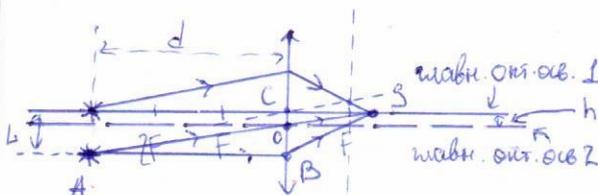
Задача 4.10.3.

Дано:

$d = 24 \text{ см}$
 $L = 6 \text{ см}$
 $h = 2 \text{ см}$

Найти: F

Решение:



Начертите изображение
оба случая.
Расстояние между оптическим
осью — h

- 1) A — источник света во 2-ой раз
- О — оптический центр линзы во 2-ой раз
- S — изображение точки

Видим подобие $\triangle AOB$ и $\triangle SOE$ —
по двум углам ($\angle AOB = \angle SOE$ — вертик.,
 $\angle ABO = \angle OCS = 90^\circ$ — по опр. расстояния
между прямой и точкой) 3

Распишем соотношения:

$$\frac{AB}{OB} = \frac{CS}{OS} \Leftrightarrow \frac{d}{L-h} = \frac{f}{h}, \text{ где } f - \text{ расстояние от линзы до изобр,}$$

его выразим через формулу тонкой линзы: $f = \frac{dF}{d-F}$, где F - фокусное расстояние линзы.

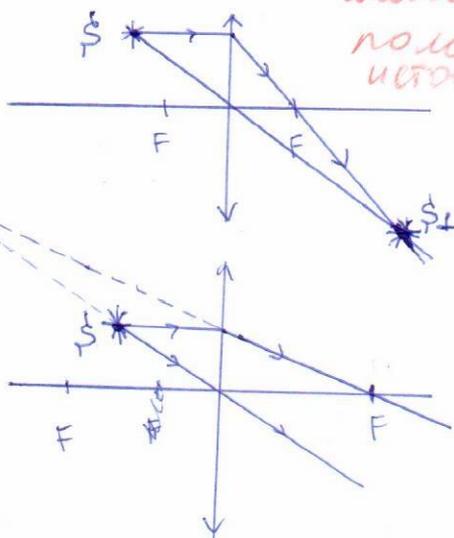


Подставляем: $\frac{d}{L-h} = \frac{\frac{dF}{d-F}}{h} \Rightarrow F = \frac{hd}{L} = 8 \text{ см}$

Ответ: $F = 8 \text{ см}$

Вопросы.

Собирающая линза:

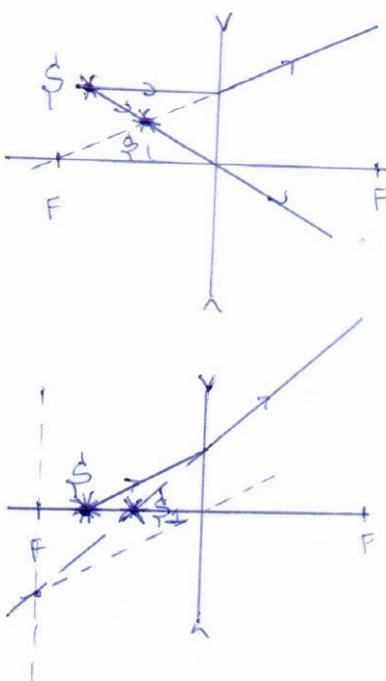


мало примеров
положение в 2F?
источника

3F?

где мнимое,
где действительное?

Расширяющая линза:



На всех чертежах S - источник света, S_1 - его изображение

16-88-30-67
(68.1)

Черновик.

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

$$\omega = \frac{v}{2\pi r}$$

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

$$B_0 q v = \frac{v^2 m}{R}$$

$$2\pi m v = B_0 q$$

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

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

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

$$\frac{10^{-5}}{10^{-5} \cdot 2\pi N} = \frac{1}{B_0} \Rightarrow B_0 q v = \frac{m v^2}{R}$$

$$v = \frac{1}{2\pi N} = \frac{v}{2\pi N} \Rightarrow B_0$$

$$B_0 q = \frac{m}{R} \cdot \frac{v^2}{4\pi^2} R^2$$

$$v = \omega R = \frac{2\pi N}{2\pi} R$$

$$B_0 q v = \frac{m v^2}{R}$$

$$hd - hF = F(L-h) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = \frac{hd}{L} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-4}}{L} = 8 \text{ см}$$

$$B_0 q = m \cdot 2\pi \frac{v}{N}$$

$$F = N B_0 q v$$

$$N = \frac{m \cdot 2\pi v}{B_0 q} = 2\pi n =$$

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B_0 v \Delta l}{\Delta t} = 63 \cdot 8 \approx 50$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Delta t = \frac{q_0}{I}$$

$$\frac{B_0 q v}{N} = \frac{q_0}{L}$$

$$\mathcal{E} = \frac{L I}{\Delta t} \quad v = \omega R$$

$$\Delta I = B_0 v \Rightarrow \Delta I = \frac{B_0 v}{L}$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{N} \omega t = \frac{2\pi}{N} \cdot \frac{2\pi}{N} = 2\pi t$$

$$\frac{L I^2}{2} = \frac{m v^2}{2}$$

$$T_{\text{тран}} = \frac{T_{\text{тран}}}{N}$$

$$F = B_0 q \frac{dx}{dt} \quad \frac{1}{n} = \frac{1}{2N}$$

$$\frac{1}{v_1} =$$

$$\Phi \Phi$$



$$\frac{100}{10^2 \cdot 10^{-7}} = \frac{1}{2\pi \cdot 8 \cdot 10^5} \approx \frac{1}{10^6}$$

$$n_{\text{см}} = \frac{1}{L}$$

$$D_{\text{м}} = h \cdot m$$

$$\Phi [B\Phi] =$$

$$B\Phi = B \cdot c = \frac{k_1}{D_{\text{м}}} \cdot c$$

$$\omega = \frac{q t}{\Phi}$$

$$D_{\text{м}} = \frac{k_1 \cdot c}{B\Phi}$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\beta} \text{ тесл}$$

$$n = \frac{B_0 q}{2\pi m} = \frac{1}{2\pi}$$

$$h = k_1^2$$

$$D_{\text{м}} = B \cdot k_1 = \frac{k_1^2}{D_{\text{м}}}$$

$$\mathcal{E} = \frac{B_0 v}{\Delta t} = \frac{L I}{\Delta t}$$

$$B_0 v = L \frac{I}{t}$$

$$I = \frac{N q}{T} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\frac{B_0^2 v^2}{L} = \frac{m v^2 N}{2\pi m n}$$

$$B_0 v = L \frac{N q}{t T}$$

$$\omega = v \cdot 2\pi$$

$$N = \frac{1}{2\pi n}$$

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

$$\omega = \frac{v}{2\pi} \quad \frac{2\pi}{N} t = \frac{2\pi}{N}$$

$$t = \frac{1}{v N} = \frac{1}{n}$$

Задача 3.7.3.

Дано:

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

Найти: N

Решение:

1) Выключение магнитного поля приводит к изменению величины потока, пронизывающего каждую бусинку, до нуля. Согласно закону Ленца это вызовет возникновение индукционного тока, магнитное поле которого

будет в данном случае вертикальным.

2) В ситуации с бусинками они начнут вращаться и создавать магнитное поле (как и положено всякой участвующей себя заряженной частице в движении).

3) ~~Каждая бусинка при этом будет создавать поле с индукцией \vec{B}_0 .~~

~~$B_0 q \vartheta = \frac{m \vartheta^2}{R}$, $\vartheta = 2\pi n \Delta t \Rightarrow \frac{B_0 q}{N} = m \cdot 2\pi n \Rightarrow N = \frac{B_0 q}{2\pi m n} = \frac{B_0 q}{\omega m}$~~

4) ~~Чтобы кольцо оставалось неподвижным в фешине, частота его вращения ϑ должна быть в N раз меньше, чем n :~~

нато умножить на N

3) ~~$B_0 \cdot N q \cdot \vartheta = \frac{N m \vartheta^2}{R} \Rightarrow B_0 q = \frac{m \vartheta}{R} \Leftrightarrow B_0 q = m \cdot 2\pi n$, где~~

ϑ — частота вращения кольца.

Чтобы кольцо оставалось неподвижным в фешине, частота

ϑ должна быть в N раз меньше, чем n :

$B_0 q = m \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{N} \Rightarrow N = \frac{2\pi m n}{B_0 q} = 2\pi n \approx 49$

Ответ: $N = 49$

Вопрос: Индуктивность — физическая характеристика проводника (контура), показывающая способность компенсировать изменение магнитного потока, пронизывающего проводник (контур) поправкой ЭДС самоиндукции — разность потенциалов, возникающая вследствие явления самоиндукции. ЭДС самоиндукции создаёт индуцированное магнитное поле, компенсирующее изменение внешнего магнитного поля.

Формула — ?

