



57-66-45-13

(64.3)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Поршова Иван Сергеевич

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

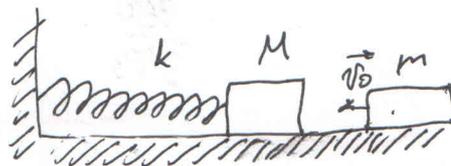
Подпись участника

Иван

Германский
М.

$$mV_0 = MV_1 - mV_2$$

V_1 - максимальная скорость колеблющейся.



$$Mx = -Fx_{\text{упр}}$$

$$Mx + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0$$

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

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

$$A = \frac{v_1}{\omega}$$

$$t = \frac{7}{12}T \Rightarrow$$

$$v_2 \cdot \frac{7}{12}T = A \cos(\omega t) \quad t = \frac{1}{12}T = \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$v_2 \cdot \frac{7}{12}T = A \cdot \sin\left(\frac{k}{M} \cdot \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}}\right) = A \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{A}{2}$$

$$v_2 \cdot \frac{7}{12}T = \frac{v_1}{2\omega}$$

$$v_2 \cdot \frac{7}{12} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{v_1 \sqrt{M}}{2\sqrt{k}} \quad \therefore \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$v_2 \cdot \frac{7}{12} \cdot 2\pi = \frac{v_1}{2} \quad v_1 = \frac{7v_2 \cdot 4\pi}{12} = \frac{7v_2\pi}{3}$$

$$mV_0 = MV_1 - mV_2 \Rightarrow mV_0 = \frac{7}{3}MV_2 - mV_2$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{MV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$$

$$m(V_0 + V_2) = MV_1$$

$$m(V_0 - V_2) = MV_1$$

$$mV_0^2 - mV_2^2 = MV_1^2$$

$$m(V_0 - V_2)(V_0 + V_2) = MV_1^2$$

$$V_0 - V_2 = V_1 \quad V_0 = V_1 + V_2$$

$$m(V_1 + V_2) = MV_1 - mV_2$$

$$m\left(\frac{7V_2}{3} + V_2\right) = M \cdot \frac{4V_2}{3} - mV_2$$

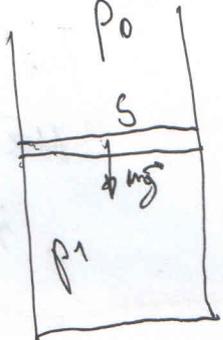
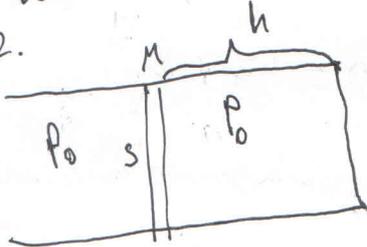
$$m \cdot \frac{10V_2}{3} = \frac{4}{3}V_2 M - mV_2 \quad \therefore V_2$$

4	2	30	55
3	9	10	
2	9	15	10
1	9	15	
1	3		

Вопросы
Горько
Вопросы
Горько

Термодинамика

№2.



18.20 = 360

$$\begin{array}{r} 360 \\ 8,3 \cdot 373 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 360 \\ 8,3 \cdot 373 \\ \hline 3357 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3600373 \\ -335709 \\ \hline 2430 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \mid 11 \\ -0 \mid 0,2+2 \\ \hline 30 \\ -22 \\ \hline 80 \\ -74 \frac{1}{2} \\ \hline 60 \\ -50 \\ \hline 10 \mid 83 \\ -22 \mid 10,12 \end{array}$$

$\Delta m = M_1 - m_2$

1) $F = pS$
 $p_0 = p_n + p_0$
 $p_n V_n = \frac{m_1}{\mu} RT$
 $p_0 V_0 = \frac{m_2}{\mu} RT$
 $p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$

$p_1 = p_{n2} + p_{02}$

$p_{02} V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$

$p_{n1} = p_{n2}$
 $p_{n2} V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$

$p_0 = p_{n1} + p_{01}$

$p_{n1} = p_0 - p_{01}$

$p_{n2} = p_0 + \frac{mg}{S} - p_{02}$

$\frac{170}{166}$

~~$p_{01} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$~~
 ~~$p_{02} V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$~~
 ~~$p_{n1} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$~~
 ~~$p_{n2} V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$~~
 ~~$p_0 = p_{n1} + p_{01}$~~
 ~~$p_{n1} = p_0 - p_{01}$~~
 ~~$p_{n2} = p_0 + \frac{mg}{S} - p_{02}$~~
 ~~$p_0 = p_{n2} + p_{02}$~~
 ~~$p_{n2} = p_0 - p_{02}$~~
 ~~$p_0 + \frac{mg}{S} = p_{02} + p_{n2}$~~

57-66-45-13
(64.3)

Срн. вкл.
N 3.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \quad \frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \quad f = \frac{Fd}{d-F}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{h_1}{h} = \frac{h}{\Delta h}$$

$$S = h + \Delta h \quad \Delta h = \frac{dh}{f}$$

$$S = h + \frac{dh}{f} = \frac{h(f+d)}{f} =$$

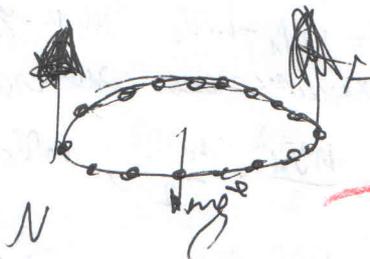
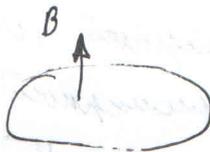
$$= \frac{h(\frac{Fd}{d-F} + d)}{f} =$$

$$= \frac{h(Fd + d^2 - Fd)}{Fd} = \frac{hd^2}{Fd} = \frac{hd}{F} = \frac{3 \cdot 10^{-2} \cdot 17.5}{10} = 0.525 \text{ см}$$

N 3.

За время $\frac{1}{N}$ - полный оборот \Rightarrow

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{1}{N}} \quad n = \frac{\omega}{2\pi} \quad \epsilon_i = - \frac{d\varphi}{dt} =$$



$$M_k = M_{mp}$$

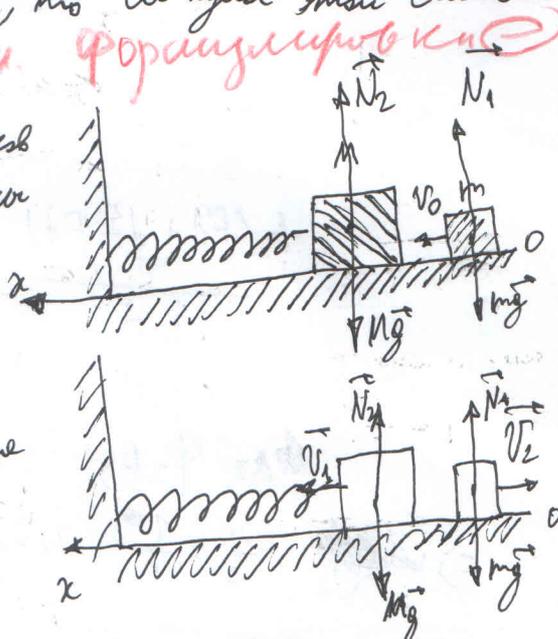
$$m_p g = 2F \Rightarrow F = \frac{m_p g}{2}$$

Импульс материальной точки 1-1.1.
 Вопросы: Импульс — векторная величина, равная произведению массы ~~материальной точки~~ на вектор скорости этой материальной точки.

Импульс системы материальных точек — векторная величина, равная сумме векторов импульсов ~~материальных точек~~ точек, входящих в эту систему.

Закон сохранения импульса: если на систему не действуют внешние силы, то импульс этой системы сохраняется. **Нет матем. формулировки**

В момент соударения брусьев сила упругости с стороны пружины ~~лишь не успевают кратно действовать~~ \Rightarrow т.к. сумма внешних сил в проекции на ось Ox равна 0 \Rightarrow импульс в проекции на ось Ox сохраняется до столкновения и сразу после.



$P_{1x} = P_{2x}$

P_{1x} — суммарный импульс до соударения
 P_{2x} — суммарный импульс сразу после соударения.

$P_{1x} = m v_0$ $P_{2x} = M v_1 - m v_2$
 $m v_0 = M v_1 - m v_2$

т.к. удар упругий, следовательно, полная механическая энергия до и после сохраняется.

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

$$\begin{cases} m v_0 = M v_1 - m v_2 \\ m v_0^2 - m v_2^2 = M v_1^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} m v_0 + m v_2 = M v_1 & (1) \\ m v_0^2 - m v_2^2 = M v_1^2 & (2) \end{cases} \quad (2) : (1)$$

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

$$v_0 - v_2 = v_1 \Rightarrow v_0 = v_1 + v_2$$

Умножить на ω (продифференцировать).

Для груза совершает гармонические колебания:

~~$x = A \sin(\omega t)$~~ ~~$x = A \sin(\omega t)$~~
 $x = A \sin(\omega t)$, $v_0 = 0$, т.к. $x(0) = 0$

~~...~~

v_1 - максимальная скорость колебаний
 $v_1(t) = \dot{x}(t) = -A\omega \sin(\omega t) \Rightarrow v_{max} = A\omega \Rightarrow v_1 = A\omega \Rightarrow A = \frac{v_1}{\omega}$

$t = \frac{7}{12}T = \frac{T}{2} + \frac{1}{12}T$ за время $\frac{T}{2}$, где T - период колебаний

груза массой M , груз возвращается в начальное положение, т.е. наименьшее расстояние, в котором он сталкивается с грузом m .

Таким образом, груз массой M пройдет за $\frac{1}{12}T$ такое же расстояние, что и груз массой m за $\frac{7}{12}T$.

$T = \frac{2\pi}{\omega}$ $S = v_2 t$, $S = A \sin(\omega \cdot \frac{1}{12}T) = A \cdot \sin(\omega \cdot \frac{2\pi}{12\omega}) =$

$= A \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}A$ $v_2 t = \frac{1}{2}A$ $\frac{7v_2}{12}T = \frac{v_1}{2\omega}$

$\frac{7v_2 \cdot 2\pi}{12\omega} = \frac{v_1}{2\omega}$ $v_1 = \frac{7v_2 \cdot \pi}{3} = \frac{7\pi v_2}{3}$

$mv_0 = Mv_1 - mv_2$; $m(v_1 + v_2) = Mv_1 - mv_2$

$m \cdot \frac{7}{3}v_2\pi + mv_2 + mv_2 = M \cdot \frac{7\pi v_2}{3} \quad | :v_2$

$\frac{7m\pi}{3} + 2m = \frac{7\pi M}{3} \quad | \cdot 3 \quad 7m\pi + 6m = 7\pi M$

$n = \frac{M}{m} = \frac{7\pi + 6}{7\pi} = 1 + \frac{6}{7\pi} = 1 + \frac{6}{22} = 1 + \frac{3}{11} \approx 1 + 0,27 = 1,27$

Ответ: 1,27.

Учебник. № 10.1.

Дано:
 $F = 10 \text{ см}$
 $d = 25 \text{ см}$
 $h = 3 \text{ см}$
 $L = ?$

Ищем:

Об объекте
 точки линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f'}$ где f - расстояние от линзы до изображения

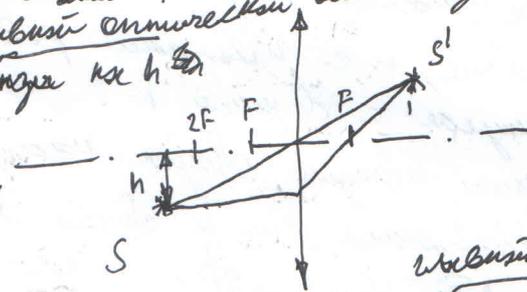
$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f'} = \frac{d-F}{dF}$; $f = \frac{dF}{d-F}$

нет
 ходит

В линзу падает луч h \Rightarrow все лучи оптически оси линзы

\Rightarrow источник имеет высоту h

В м.к. линзы собирающей, а источник на $d > 2F \Rightarrow$



все лучи оптически оси линзы

\Rightarrow изображение перевернуто \Rightarrow изображение выше $\sqrt{\text{высота } h}$

расстояние H , тогда $\Gamma = \frac{H}{h}$, где Γ - увеличение, $\Gamma = \frac{f}{d} \Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow$

а если линза рассеивает?

\Rightarrow чтобы вернуть изображение в upright положение необходимо посмотреть источник S на расстоянии h' под все лучи оптически осью линзы, тогда $\Gamma =$

$$\Gamma = \frac{h}{h'} \Rightarrow L = h + h' = h + \frac{h}{\Gamma} = h + \frac{h}{\frac{f}{d}} = h + \frac{hd}{f} = \frac{hf + hd}{f}$$

$$= \frac{h(f+d)}{f} = \frac{h(\frac{dF}{d-F} + d)}{\frac{dF}{d-F}} = \frac{h(dF + d^2 - dF)}{dF} = \frac{hd^2}{dF} = \frac{hd}{F}$$

$= \frac{3 \cdot 25}{10} = \frac{75}{10} = 7,5 \text{ см}$

Ответ: 7,5 см.

Учебник
 №4.10.1.
 № (продолжение)

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

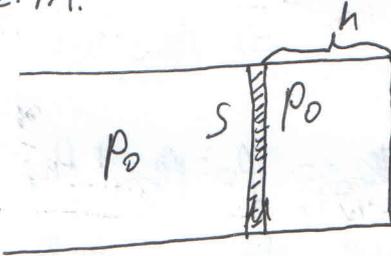
Γ - увеличение, давальное линзой. $\Gamma = \frac{F}{f}$, где F - расстояние от линзы до изображения, а f - расстояние от предмета до линзы.

№2.4.1.

Дано:
 $h = 35 \text{ см}$
 $T = 373 \text{ К}$
 $\Delta h = 5 \text{ см}$
 $M = 10 \text{ кг}$
 $S = 100 \text{ см}^2$
 $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $\mu = 18 \text{ г/моль}$

$\Delta m = ?$

Решение:
 Система находится в равновесии, если давление сил P_0 и P_1 на поршень равно.



Сила на поршень давит воздух атмосферного давления P_0 , сила влажной воздух P_1 давит P_0 .

Давление сил P_0 равно силе P_1 по ступенькам $\Rightarrow P_0 = P_{возд1} + P_{л1}$, где

$P_{возд1}$ - давление воздуха в первом слое
 $P_{л1}$ - давление пара в первом слое.

Уравнение Клапейрона - Менделеева:

$$P_{возд1} V_1 = \nu_{возд} RT ; P_{л1} V_1 = \nu_{пар} RT = \frac{m_1}{\mu} RT$$

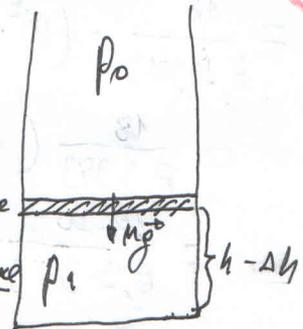
V_1 - общий объем смеси
 $\nu_{возд}$ - количество вещества воздуха;
 $\nu_{пар}$ - масса в первом слое.

В состоянии равновесия:

$$P_1 = P_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$P_1 = P_{возд2} + P_{л2}$$

Поскольку конденсировался пар \Rightarrow пар



давление насыщенное $\Rightarrow P_{л2} = P_{н.н.}$ при $t = 100^\circ \text{C}$, $P_{н.н.}$ - давление насыщенного пара при $t = 100^\circ \text{C}$

Условие.

№ 2.4.1. (продолжение)
 $p_{к.н.} = 10^5 \text{ Па} = p_0$; $p_{к.н.} V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$ m_2 - масса пара

Во втором случае, V_2 - объем кипения оттока.

$$p_0 + \frac{Mg}{S} = p_{атм} + p_0 \Rightarrow p_{атм} = \frac{Mg}{S}$$

$$p_{атм} V_2 = \frac{Mg}{S} RT, \quad p_{атм} V_1 = \frac{Mg}{S} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_{атм} V_2 = p_{атм} V_1 \quad p_{атм} = \frac{p_{атм} V_2}{V_1}$$

$$p_{атм} = p_0 = p_{атм} + p_{н1} \quad p_{н1} = p_0 - p_{атм} =$$

$$= p_0 - \frac{p_{атм} V_2}{V_1} = p_0 - \frac{Mg V_2}{V_1 S}; \quad p_{н1} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT; \quad m_1 = \frac{p_{н1} V_1 \mu}{RT}$$

$$m_2 = \frac{\mu p_{к.н.} V_2}{RT} = \frac{\mu p_0 V_2}{RT}; \quad m_1 = \frac{V_1 \mu}{RT} (p_0 - \frac{Mg V_2}{V_1 S})$$

$$V_1 = hS; \quad V_2 = (h - \Delta h)S; \quad \Delta m = m_1 - m_2 =$$

$$= \frac{V_1 \mu}{RT} (p_0 - \frac{Mg V_2}{V_1 S}) - \frac{\mu p_0 V_2}{RT} = \frac{\mu h S}{RT} (p_0 - \frac{Mg (h - \Delta h) S}{h S \cdot S}) -$$

$$= \frac{\mu p_0 (h - \Delta h) S}{RT} = \frac{\mu S}{RT} (p_0 h - \frac{(h - \Delta h) Mg}{S} - p_0 (h - \Delta h)) =$$

$$= \frac{\mu S}{RT} (p_0 h - \frac{(h - \Delta h) Mg}{S} - p_0 h + p_0 \Delta h) = \frac{\mu S}{RT} (p_0 \Delta h - \frac{(h - \Delta h) Mg}{S}) =$$

$$= \frac{\mu S}{RT} (p_0 \Delta h S - (h - \Delta h) Mg) = \frac{\mu}{RT} (p_0 \Delta h S - (h - \Delta h) Mg) =$$

$$= \frac{18}{8,3173} \cdot (10^5 \cdot 0,05 \cdot 10^{-2} - (0,35 - 0,05) \cdot 10 \cdot 10) = \frac{18}{8,3173} =$$

$$= \frac{18}{8,3173} (10^3 \cdot 0,05 - 0,3 \cdot 10^2) = \frac{18}{8,3173} (50 - 30) =$$

$$= \frac{18 \cdot 20}{8,3173} = \frac{360}{8,3173} \approx \frac{1}{8,13} \approx 0,122$$

Ответ: 0,122.

№ 37.3.

$\mathcal{E}_i = -\frac{d\varphi}{dt}$, \mathcal{E}_i - (напряжение) ЭДС индукции.

Для тока $E_{\text{и}} = E_{\text{ст}}$, где i - напряжение, E - напряжённость электрического поля, d - диаметр катушки.

$\mathcal{E}_i = E \cdot 2\pi r$, где r - радиус катушки. $E = \frac{\sigma}{2\pi r}$
 ρ_0 - линейная плотность заряда $q_{\text{ли}} = \rho_0 \cdot dl$
 $F_{\text{эл}} = Eq \Rightarrow$
 Обуслови: $ma = Eq$ $m \frac{dV}{dt} = \frac{E_i}{2\pi r} \Rightarrow$

$\Rightarrow m \frac{dV}{dt} = -\frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{q_0}{2\pi r} \Rightarrow m \frac{dV}{dt} = -\frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{q_0}{2\pi r}$

$m dV = -\frac{d\varphi}{2\pi r} \Rightarrow m \int dV = -\frac{\int d\varphi}{2\pi r} \Rightarrow$

$\Rightarrow mV = \frac{s \rho_0 q_0}{2\pi r} \quad V = \frac{s \rho_0}{2\pi r m}$

$V = \omega r \Rightarrow \omega = \frac{V}{r}$

$\omega = \frac{s \rho_0}{2\pi r^2 m}$

$s = \pi r^2$

$\omega = \frac{\rho_0 q_0}{2m}$

ген-?
 $n = \nu \lambda$
 $N = 1$