

01



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

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Алехтеева Кирилл Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«21» февраля 2020 года

Подпись участника
Кирилл

В повышении оценок
отказать

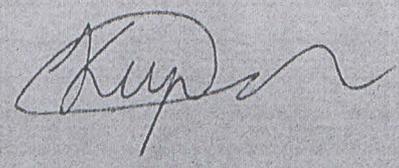
ЕФР
ВФ

Председателю апелляционной
комиссии олимпиады школьников
"Ломоносов" Декану МТУ имени
М.В. Ломоносова академику
В.А. Садовничему
ученика 11 класса МОУ СШ №30
им. С.Т. Медведева, г. Волжского,
Волгоградской области
Алехтеева Кирилла Владимировича

Апелляция.

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы 85 за мою работу заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что по выставленным критериям у меня должно быть больше 90 баллов.

Дата: 02.05.2020



Чистовик

СТР 1

71-11-03-35
(65.10)

Дано:

m
 M
 $t = \frac{5}{8} T$

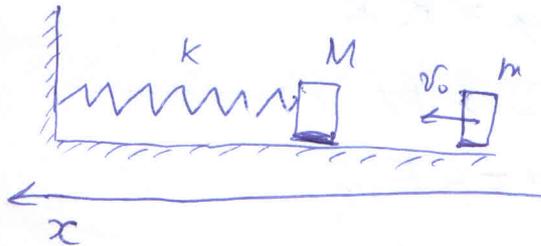
$n = \frac{M}{m} - ?$

Решение:

Гармонические колебания - это колебания, которые совершаются по закону синуса или косинуса. **± формулы?**

Амплитуда - это максимальное отклонение от положения равновесия. **+**

Фаза - это величина, стоящая под знаком синуса или косинуса в уравнении гармонических колебаний. **± формулы?**



По закону сохранения импульса для системы из брусков массы M и m в проекции на ось x

$$m v_0 = M v - m u \quad (1)$$

По закону сохранения энергии для системы из брусков массы M и m:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v^2}{2} + \frac{m u^2}{2} \quad (2)$$

из ур-я (1):

$$u = \frac{M v - m v_0}{m} \quad (*)$$

Подставим это в ур-е (2):

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v^2}{2} + \frac{m \cdot (M v - m v_0)^2}{2 m^2}$$

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

$$m v_0^2 = M v^2 + \frac{M^2 v^2}{m} - \frac{2 M m v v_0}{m} + \frac{m^2 v_0^2}{m}$$

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

$$2 v_0 = v + \frac{M}{m} v \Rightarrow v = \frac{2 v_0}{(1 + \frac{M}{m})} \quad (**)$$

В поворачивать
оценки
отсюда

ЭВ
ЭВ

85

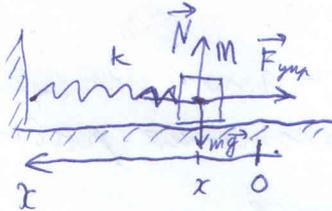
1	2	3	4	5
15	15	15	15	15
5	6	7	7	2.5

Знач
Реш

Колонка
Колонка

Рассмотрим процесс колебаний:

Пусть брусок отклонился на x от положения равновесия.



П.к. стал упругий, то по горизонтальной действует только сила упругости.

$$F_{\text{упр}} = kx$$

По II з-ку Ньютона:

$$Ox: Ma = -F_{\text{упр}}$$

$$Ma = -kx$$

$$a = -\frac{kx}{M}$$

$$\ddot{x} = -\frac{kx}{M}$$

$\ddot{x} \sim x \Rightarrow$ это уравнение гармонических колебаний и $\omega^2 = \frac{k}{M}$

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

III, к. $t = \frac{5}{8}T \Rightarrow$ это значит, что брусок совершит пол колебания и продвигается $t_1 = \frac{1}{8}T$ вправо от положения равновесия.

За время $t_2 = \frac{5}{8}T$ брусок пройдет путь $S_1 = v \cdot t_2 = \frac{5}{8}vT$ вправо от положения равновесия бруска М.

По уравнению гармонических колебаний

$$x(t_1) = x_m \sin(\omega t_1)$$

Продифференцируем по времени

$$v(t_1) = \omega \cdot x_m \cos(\omega t_1) = v_m \cos(\omega t_1)$$

при этом получается, что $v_m = \omega x_m \Rightarrow x_m = \frac{v_m}{\omega}$

Максимальная скорость у бруска будет в положении равновесия $\Rightarrow S_2 = S_1 = \frac{v_m}{\omega} \cos(\omega \cdot \frac{1}{8}T)$

$$\frac{5}{8} \omega T = \frac{v}{\omega} \cos(\omega \cdot \frac{1}{8}T) \quad (***)$$

Из ур-я (*):

$$U = \frac{Mv - mv_0}{m}$$

Подставим в него (**)

$$U = \frac{M \cdot \frac{2v_0}{1 + \frac{M}{m}} - mv_0}{m} = \frac{M}{m} \cdot \frac{2v_0}{1 + \frac{M}{m}} - v_0 \quad +$$

$$\frac{M}{m} = n \Rightarrow U = \frac{2v_0 n}{1+n} - v_0 = \frac{2v_0 n - v_0(1+n)}{1+n} = \frac{2v_0 n - v_0 - v_0 n}{1+n} =$$

$$= \frac{v_0 n - v_0}{1+n} = \frac{v_0(n-1)}{n+1}$$

Подставим все в (***):

$$\frac{5}{8} v_0 \frac{n-1}{n+1} \approx 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = \sqrt{\frac{M}{k}} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{1}{8} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}\right) \cdot \frac{2v_0}{1+n}$$

$$\frac{5}{8} \cdot \frac{n-1}{n+1} \cdot \pi = \frac{1}{n+1} \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$\frac{5}{8} \cdot (n-1)\pi = \frac{\sqrt{2}}{2} \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$\frac{5}{8}\pi n - \frac{5}{8}\pi = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$n = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + \frac{5}{8}\pi}{\frac{5}{8}\pi} = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{\frac{5}{8}\pi} + 1 = \frac{4\sqrt{2}}{5\pi} + 1 \approx 1,36$$

$$\text{Ответ: } n = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)}{\frac{5}{8}\pi} + 1 = \frac{4\sqrt{2}}{5\pi} + 1 \approx 1,36 \quad +$$

N 4

Дано:

$F = 15 \text{ см}$

$d = 30 \text{ см}$

$L = 8 \text{ см}$

$h = ?$

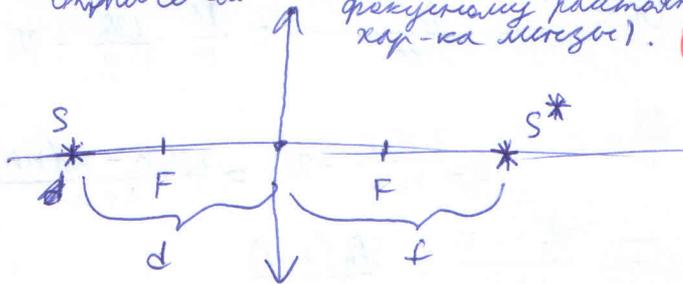
Решение:

Плоские линзы - это линзы, ^{поперечными} радиусами которых можно пренебречь в задане.

Фокусное расстояние - это величина, определяющая ~~характер~~ ^{характер} преломления

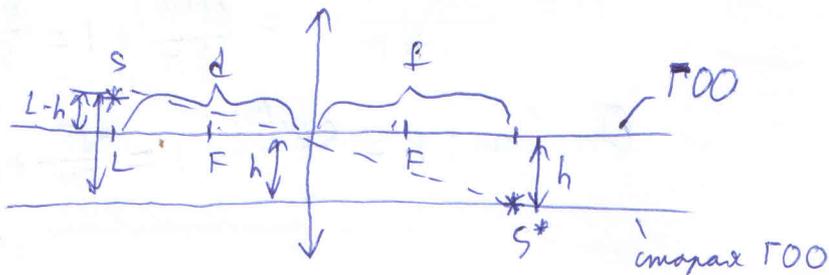
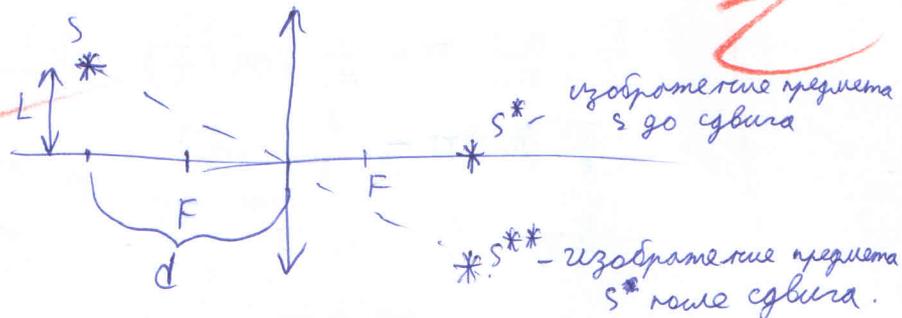
Фокусное расстояние - это по ~~расстояние~~ ^{расстояние}, на котором собирается параллельный пучок лучей падающий на линзу, зависит от физических ^{характеристик} линзы.

Оптическая сила линзы - это величина, обратная фокусному расстоянию (обозначается Φ - как линзы).



П.к. линза собирающая и $d > F$, то

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



П.к. мы двигаем и линзу и ~~и~~ ^и предмет перпендикулярно $\infty \Rightarrow$ продольные размеры остаются неизменными $\Rightarrow ddf = \text{const}$

$$\Gamma = \frac{h}{L-h} \text{ и } \Gamma = \frac{f}{d} \Rightarrow \frac{h}{L-h} = \frac{f}{d}$$

Чистовик

СТР 5

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

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

$$h(d-F) = F(L-h)$$

$$hd - hF = FL - Fh$$

$$hd = FL$$

$$h = \frac{FL}{d}$$

$$h = \frac{15 \cdot 8}{30} = \frac{1}{2} \cdot 8 = 4 \text{ см.}$$

Ответ: $h = \frac{FL}{d} = 4 \text{ см.}$

№ 2

Дано:

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

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

$$\Delta m = 0,12 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$M = 10 \text{ кг}$$

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

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$m = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,018 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

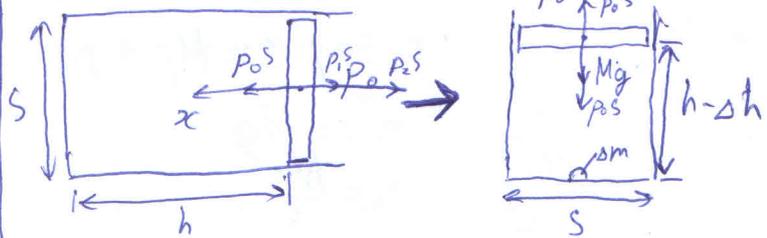
$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\Delta h = ?$$

Решение:

Виды парообразования: кипение, сублимация, ~~парообразование~~ испарение. *Виды если отталкиваются?*

Удельная теплота парообразования — это величина, характеризующая то, сколько теплоты необходимо для парообразования 1 кг воды. *при какой температуре?*



Изначально в цилиндре находится сухой воздух и водяной пар, далее после превращения образовалась вода \Rightarrow водяной пар стал насыщенным \Rightarrow давление водяного пара стало равно p_0 (т.к. p_0 — давление насыщенного водяного пара при 100°C).

По определению $p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS$

Объём в цилиндре ^{под поршнем} изначально: $V_1 = h \cdot S$

Конечный объём под поршнем: $V_2 = S(h - \Delta h)$

По Πz -му закону:

$$Ox: 0 = p_0 S - p S \Rightarrow p_0 S = p S$$

где p - давление влажного воздуха до переворота.

По закону Дальтона $p = p_1 + p_2$, где p_1 - давление & сухого воздуха, а p_2 - давление водяного пара.

$$p_0 = p_1 + p_2 \quad (*)$$

По Πz -му закону:

$$Oy: 0 = p' S - Mg - p_0 S \Rightarrow p' S = Mg + p_0 S$$

где p' - давление влажного воздуха после переворачивания.

По закону Дальтона $p' = p_3 + p_0$, где

p_3 - давление сухого воздуха после поворота цилиндра, а p_0 - давление насыщенного водяного пара.

$$p_3 S + p_0 S = Mg + p_0 S$$

$$p_3 S = Mg$$

$$p_3 = \frac{Mg}{S}$$

П.к. процесс происходит при $t = \text{const} \Rightarrow$ по

закону Бойля - Мариотта $\frac{p_1}{p_3} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_1 = p_3 \frac{V_2}{V_1} = p_3 \frac{S(h - \Delta h)}{hS} = p_3 \frac{h - \Delta h}{h} = \frac{Mg(h - \Delta h)}{S h}$$

По закону Менделеева - Клапейрона:

$$p_2 V_1 = \nu R t \quad (\text{начальное состояние пара})$$

$$p_0 V_2 = (\nu - \nu_1) R t \quad (\text{конечное состояние пара})$$

где ν_1 - кол-во конденсировавшейся жидкости

Чистовик

СТР 7

$$D_1 = \frac{\Delta m}{\mu}$$

$$p_0 V_2 = DRT - D_1 Rt$$

$$p_0 V_2 = p_2 V_1 - D_1 Rt$$

$$p_2 = \frac{p_0 V_2 + D_1 Rt}{V_1} = \frac{p_0 V_2 + \frac{\Delta m}{\mu} Rt}{V_1} = \frac{p_0 \cdot S(h - \Delta h) + \frac{\Delta m}{\mu} Rt}{Sh}$$

Подставим p_1 и p_2 в соотношение (*):

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

$$p_0 Sh = Mgh - Mg\Delta h + p_0 Sh - p_0 S\Delta h + \frac{\Delta m}{\mu} Rt$$

$$Mg\Delta h + p_0 S\Delta h = Mgh + \frac{\Delta m}{\mu} Rt$$

$$\Delta h = \frac{Mgh + \frac{\Delta m}{\mu} Rt}{Mg + p_0 S} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,35 + \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,3 \cdot 373}{10 \cdot 10 + 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= \frac{35 - \frac{83 \cdot 373}{1800}}{100 + 1000} \approx \frac{17,81}{1100} \approx 0,016 \mu = 1,6 \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } \Delta h = \frac{Mgh - \frac{\Delta m}{\mu} Rt}{Mg + p_0 S}$$

$$= \frac{35 + \frac{83 \cdot 373}{1800}}{100 + 1000} = \frac{52,19}{1100} \approx 0,04745 \mu = 4,745 \text{ см.}$$

$$\text{Ответ: } \Delta h = \frac{Mgh + \frac{\Delta m}{\mu} Rt}{Mg + p_0 S} = 4,745 \text{ см.}$$

N 3

Дано:

$$N = 100$$

$$m = 10 \mu\text{г} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$h = 8 \frac{\text{К}}{\text{С}}$$

$$B_0 = ?$$

Решение:

Закон электромагнитной индукции показывает, что ЭДС индукции прямо пропорциональна изменению магнитного потока, производящегося замкнутой контуром, обратно пропорциональна промежутку времени, за который произошло изменение

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

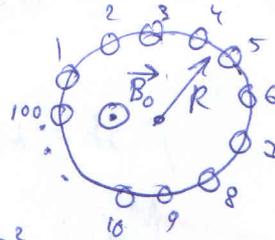
Правило Ленца: Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток имеет такое направление, что создаваемый им магнитный поток стремится скомпенсировать то изменение магнитного потока, которое вызывает данный ток.

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{2\pi R}$$

$$\varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta BS}{\Delta t}$$

$$S = \pi R^2 \Rightarrow \varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{\Delta B \pi R^2}{\Delta t}$$

$$E = - \frac{\Delta B \pi R^2}{2\pi R \Delta t} = - \frac{\Delta B R}{2 \Delta t}$$



По II з-ку Ньютона

$$Ma = F_{\rightarrow}$$

$$F_{\rightarrow} = qE$$

$$M = Nm$$

$$Q = Nq$$

$$Nma = NqE$$

$$ma = qE$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = - \frac{\Delta B q R}{2 \Delta t}$$

$$m \Delta v = - \frac{\Delta B q R}{2}$$

$$\Delta v = - \frac{\Delta B q R}{2m}$$

Принципируем обе части

$$v = - \frac{(0 - B_0) q R}{2m}$$

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

Черновик:

N2

2
373
x 83
1119
2984
30959 | 1800
- 1800 | 17,19
12959 | 1800
- 12600 | 1800
3590
- 1800
17900
- 16200
1700

1
x 1,41
5,64

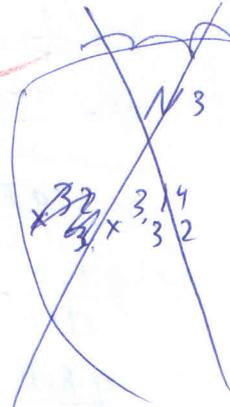
2
x 3,14
15,70
~~5,64~~
15,70

5,64 | 1570
- 4710 | 35
9300
4850
14502
x 3
4710
7
1570
x 6
9420
23
1570
x 5
7850

$$\frac{373 \cdot 83}{1800} \approx 17,19$$

35,00
- 17,19
17,81

17,81 | 110000
- 110000 | 0,016
88000
- 66000
22000



x 0,016
1100
x 1,6
17
16
16
17,6

35,00
+ 17,19
52,19

52,19 | 110000
- 440000 | 0,04744
81900
- 77000
49000
- 44000
50000
- 44000
60000

x 3,14
x 32
628
942
100,48

N3

$$E = \frac{E_{\text{инд}}}{2\pi R} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B S}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot \pi R^2}{2\pi R \Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot R}{2 \Delta t}$$



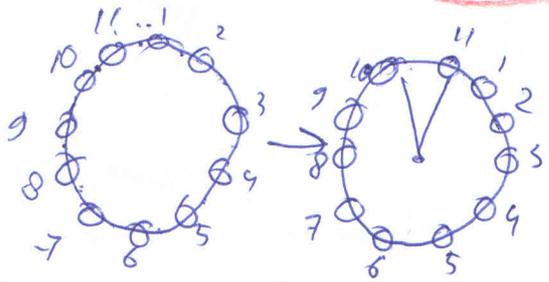
$$ma = F$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = qE$$

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = -q \frac{\Delta B R}{2 \Delta t}$$

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



За $\frac{1}{8} C$ шаг гольмера пройдена $\frac{1}{100} 2\pi R$

Читовик

СТР 91

П.к. все шарики одинаковые, то
 чтобы кольцо оставалось кстати между
 витками достаточно того, что каждый
 шарик будет переходить на место соседнего.
 (при такой расчетной скорости шариков будет $\omega = 2\pi n$)

В секунду совершается 8 кадров \Rightarrow
 каждый шарик проходит за $\frac{1}{8}$ с

$\frac{1}{100}$ от диаметра $\Rightarrow v = \frac{2\pi R}{8\tau}$, где

$\tau = \frac{1}{n}$ с (время одного ~~шага~~ цикла)

$$v = \frac{2\pi R}{8\tau}$$

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

$$\frac{q B_0 R}{2m} = \frac{2\pi R}{8\tau}$$

$$\frac{q B_0 R}{2m} = \frac{2\pi R n}{8}$$

$$B_0 = \frac{4\pi R n m}{q R N} = \frac{4\pi n m}{q N} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{10^{-7} \cdot 10^2} =$$

$$= 32 \cdot 3,14 = 100,48 \text{ Тл}$$

Ответ: $B_0 = \frac{4\pi R n m}{q R N} = \frac{4\pi n m}{q N} = 100,48 \text{ Тл}$