



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Федоров Никита Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **83**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9944025

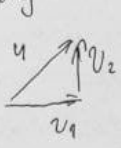
	1	2	3	4	Σ
Задача	15	14	10	14	83
Вопрос	8	7	6	9	

Задача 1.2.1

Школьник.

Р.Д. Чистовики: 2.1, 5, 6, 7, 8.

Сядем в с.о. второго автомобиля: \vec{u} или скорость первого по закону сложения скоростей $\vec{u} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$



$$|\vec{u}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

Минимальное расстояние между автомобилями тогда когда направление \vec{u} перпендикулярно направлению \vec{S} .
Через время τ :



По т. Пифагора
 $u\tau = \sqrt{4S^2 - S^2} = 3S$

$$\sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot \tau = 3S \cdot \sqrt{3}$$

$$\tau^2 v_1^2 + \tau^2 v_2^2 = 3S^2$$

$$v_1^2 = \frac{3S^2 - \tau^2 v_2^2}{\tau^2} = \frac{3S^2 - 100}{\tau^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2 - 100}{\tau^2}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 10000}{100} - 100} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 36 \cdot \sqrt{2} \text{ км/ч} \approx 50,4 \text{ км/ч}$$

Handwritten calculations and arithmetic:

$$\sqrt{3000 - 1000} = \sqrt{2000} = 44,7$$

$$\sqrt{3000 - 1000} = \sqrt{2000} = 44,7$$

$$\sqrt{3000 - 1000} = \sqrt{2000} = 44,7$$

Комплекс: скорость - пройденная путь по времени. $v = \frac{ds}{dt}$. Физическим словом, скорость - величина, характеризующая, какой путь пройдёт тело за некоторое время, если эта величина будет постоянной.

Закон сложения скоростей: скорость тела в лабораторной системе отсчёта равна скорости этого тела в другой системе отсчёта плюс скорости перемещения системы отсчёта.

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{w}$$

2.8.1. Задача

Титович. Терновик.

Уравнение реакции при сгорании водорода: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$
 тогда $\nu_{H_2} = \nu_{O_2} = 0,05$ моль.
 в реакции участвует $\nu_{H_2} = 0,025$ моль кислорода. Изначально
 в смеси воздуха было $\nu_{O_2} = 0,23$ моль кислорода. Эта величина,
 после реакции останется $\nu_{O_2} = 1 - 0,025 = 0,975$ моль чистого воздуха.

Уравнение Менделеева-Клапейрона после охлаждения:
 $pV = \nu RT$, где p - общее давление в сосуде, ν - суммарное коли-
 чество водяного пара и чистого воздуха.

Для пара: $p_{H_2O} V = \nu_{H_2O} RT$. Предположим, что пар не начал
 конденсироваться. Тогда $\nu_{H_2O} = \nu_{H_2} = 0,05$ моль. Тогда $p_{H_2O} = \frac{\nu_{H_2O} \cdot R \cdot T}{V} =$
 $= \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 293 \cdot 8,31 \cdot 0,5 \approx 1592$ Па < p_H .

8,31
 0,05
 41,55
 293
 1592

Это давление пара меньше давления насыщенного пара, следовательно, пар не конденсируется. Тогда из

$pV = \nu RT$ $p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{(\nu_{H_2O} + \nu_{O_2}) RT}{V}$

Относительная влажность $F = \frac{p_{H_2O}}{p} = \frac{\nu_{H_2O} RT \cdot V}{V (\nu_{H_2O} + \nu_{O_2}) RT} = \frac{\nu_{H_2O}}{\nu_{H_2O} + \nu_{O_2}} =$
 $= \frac{0,05}{0,05 + 0,975} = \frac{0,05}{10,025} = \frac{5}{1002,5} = \frac{5}{1005} \approx 0,5\%$

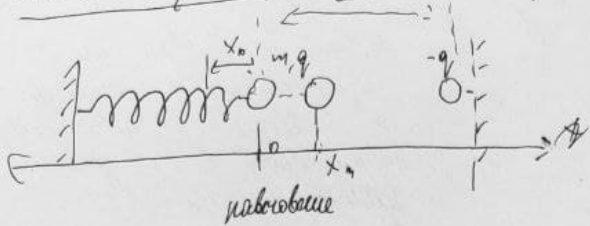
Ответ: 0,5% $F = \frac{p_{H_2O}}{p_H} = \frac{1592}{2330} = \frac{16}{23} \approx 70\%$

0,975
 0,050
 10,025
 1002,5
 5
 25

Вопросы: это такое количество пара, как и парение и кипение. Значение количества теплоты - это такое количество
 удельная теплота парообразования - количество теплоты, которое
 необходимо подвести к жидкости, единице массы жидкости, находящейся
 у температуры кипения, чтобы она превратилась в пар.

3.8.2. Задача

Упрощен.



23H в положении равновесия:

$$kx_0 = \frac{mg}{L}$$

$$x_0 = \frac{mg}{kL}$$

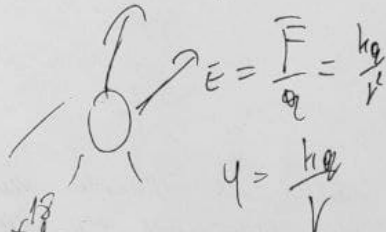
k - коэффициент упругости пружины
 x_0 - удлинение пружины в положении равновесия

Собственные частоты колеблющегося равновесия 23H в

$$m\ddot{x} = -\frac{mg}{L+x} - k(x+x_0)$$

равновесии

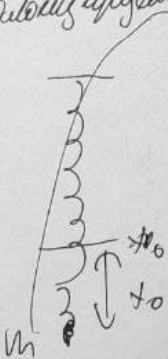
$$mg = kx_0$$



$$F = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x}$$

$$y = \frac{mg}{V}$$

Амплитуда колебаний



$$m\ddot{x} = mg - k(x+x_0)$$

$$m\dot{x} = mg - kx - kx_0$$

$$m\dot{x} = -kx$$

$$\dot{x} - \frac{k}{m}x = 0$$

$$x = x_m \cos(\omega t) \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Энергия колебаний:

$$kx_0^2 = mgx_m + \frac{kx_0^2 + kx_m^2}{2} = -mgx_m + \frac{kx_0^2 + kx_m^2}{2}$$

$$m\ddot{x} = \frac{mg^2}{L^2 - 2L + x^2} - k(x+x_0) = \frac{mg^2}{L(L-2x)} - kx - kx_0$$

$$\frac{kx_0^2}{2} = mgx_m + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{2kx_0x_m}{2} + \frac{kx_m^2}{2} = -mgx_m + \frac{kx_0^2}{2} + \frac{2kx_0x_m}{2} + \frac{kx_m^2}{2}$$

$$mgx_m - \frac{2kx_0x_m}{2} = -mgx_m + \frac{2kx_0x_m}{2}$$

$$2mgx_m = 2kx_0x_m$$

$$\begin{array}{r} + 1,4 \\ + 1,5 \\ \hline 7,5 \\ \hline 1,5 \\ \hline 2,1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 36 \\ 72 \\ 0,92 \end{array}$$

$$E = \frac{-kx}{x} = -\frac{kx}{x}$$

$$y = -\frac{mg}{V}$$

$$C = \frac{g}{y}$$

$$W = \frac{cx^2}{2} = \frac{gx^2}{2x} = \frac{gx}{2} = \frac{g \cdot 0,1}{2}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{-kx^2}{2}$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx^2}{2} = \left(\frac{k(x_0+x_m)^2}{2} - \frac{kx^2}{2} \right) - \frac{kx_0^2}{2} = \frac{k(x_0-x_m)^2}{2} - \frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} + kx_0x_m + \frac{kx_m^2}{2} - \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} - kx_0x_m + \frac{kx_m^2}{2} - \frac{kx^2}{2}$$

$$2kx_0x_m = \frac{-kx^2}{L+x_m} + \frac{kx^2}{L-x_m} = \frac{kx^2 \cdot (L+x_m) - kx^2 \cdot (L-x_m)}{(L+x_m)(L-x_m)} = \frac{kx^2 \cdot 2x_m}{(L+x_m)(L-x_m)}$$

3

tepmočan

gledanje ujednačenosti - prelazni 6 baze

$$2kx_0 y_0 = \frac{2q^2 \cdot 2x_0}{(L+x_0)(L-x_0)}$$

$$kx_0 = \frac{2q^2}{L^2 - x_0^2} = \frac{q^2}{L^2 - x_0^2}$$

$$L^2 - x_0^2 = \frac{2q^2}{kx_0}$$

$$L^2 - x_0^2 = \frac{2q^2}{k \cdot \frac{2q^2}{kL^2}}$$

$$L^2 - x_0^2 = L^2$$

$$x_0^2 = 0$$

$$\begin{aligned} x &= A \cos \omega t \\ \dot{x} &= -A \omega \sin \omega t \\ \ddot{x} &= -A \omega^2 \cos \omega t \end{aligned}$$

Togca: $\ddot{m}x = -\frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} + k(x+y_0)$

$$m\ddot{x} = -\frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} + k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} = -\frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} + k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} = -\frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} + k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} = -\frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} + k(x+y_0)$$

$$k = \frac{2q^2}{L^3} - 2\pi f =$$

$$= \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-12}}{L^3} - 2\pi \cdot 3,14 \cdot 10^3$$

$$= \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-14}}{4 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 10^3 \cdot L^3} - 2\pi f =$$

$$= \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-14}}{4 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 10^3 \cdot L^3} - 2\pi f =$$

$$= \frac{4}{3 \cdot 14 \cdot 10^3}$$

$$\begin{array}{r} 16,000 \quad 23 \\ 130 \quad | \quad 0,695 \\ \hline 220 \\ 207 \\ \hline 130 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \quad 1 \cdot 3,14 \\ 814 \quad | \quad 0,1 \\ \hline 814 \end{array}$$

$$m\ddot{x} = \frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} = \frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} \cdot (L^2 + 2xL) = kq^2 - k(x+y_0)(L^2 + 2xL)$$

$$m\ddot{x} = \frac{kq^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - k(x+y_0)$$

$$m\ddot{x} = \frac{2q^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - kx - ky_0$$

$$m\ddot{x} = \frac{kq^2}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{2q^2 - 2q^2(1+\frac{x}{L})}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{2q^2(1-1-\frac{x}{L})}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - kx =$$

$$= \frac{2q^2 \cdot \frac{-x}{L}}{L^2(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{-2q^2 \cdot x}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{-2q^2 \cdot x}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{-2q^2 \cdot x}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - kx =$$

$$\approx \frac{-2q^2 \cdot x}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - kx = \frac{-2q^2 \cdot x}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - kx = x \left[\frac{-2q^2}{L^3(1+\frac{x}{L})^2} - k \right] =$$

$$= x \left[\frac{-2q^2}{L^3} - k \right]$$

$$m\ddot{x} = \frac{-2q^2 - kL^3}{L^3} x = 0$$

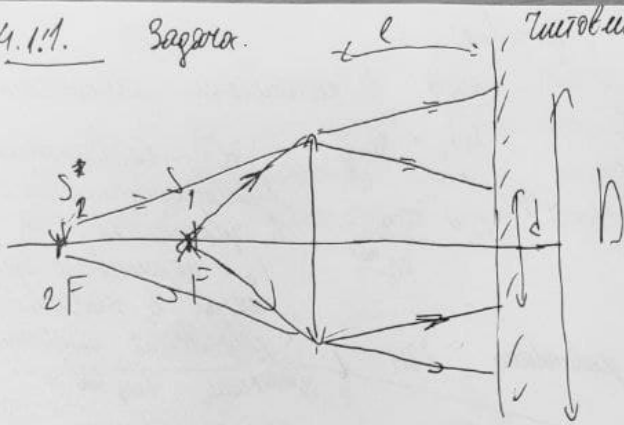
$$\ddot{x} = \frac{-2q^2 - kL^3}{L^3} x = 0$$

$$\omega = \frac{2q^2 - kL^3}{L^3} = 2\pi f = \frac{2q^2}{L^3} - k$$

$$k = \frac{2q^2}{L^3} - 2\pi f = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-12}}{0,5^3}$$

14

4.1.1. Вагера.



1) В эту точку обратности
лучей в нуле ширине
обратные лучи собираются
в точке, значит, есть
параллельный пучок, значит,
диаметр ширине - D.

2) Фокусная точка ширине
для отверстия на расстоянии

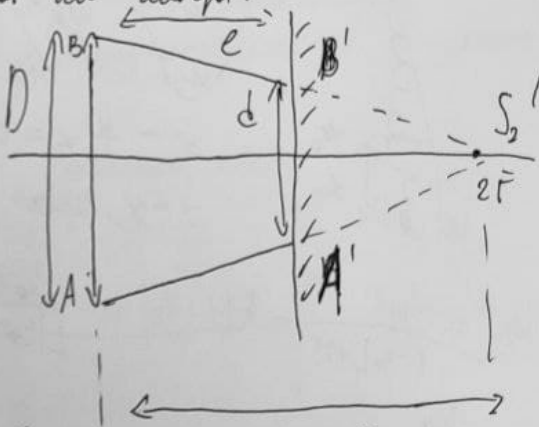
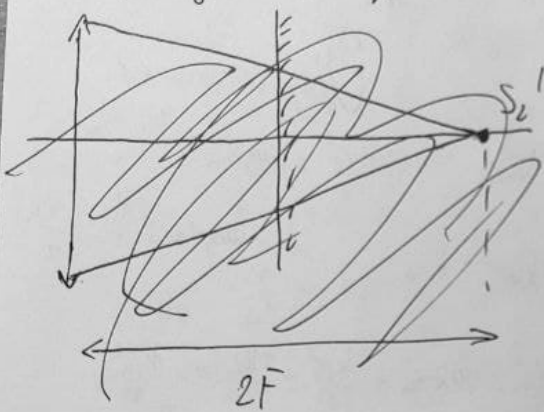
$2F$ от оси:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F}$$

$$F = 2F$$

Значит, без экрана изображение во втором случае
было расположено на расстоянии $2F$ от оси ширине.



Рассмотрим крайние лучи, прошедшие на
ширине. Они пройдут бы на расстоянии $2F$ от ширине, но остановились
на экране. Рассмотрим крайние лучи ABS_2 и
 $A'B'S_2'$. Коэффициент подобия $k = \frac{d}{D} = \frac{2F-l}{2F} = 1 - \frac{l}{2F}$

$$\frac{l}{2F} = 1 - \frac{d}{D} = \frac{D-d}{D}$$

$$2F = \frac{l \cdot D}{D-d}$$

$$F = \frac{l \cdot D}{2(D-d)} = \frac{8 \cdot 5}{2 \cdot 2} = 10 \text{ см.}$$

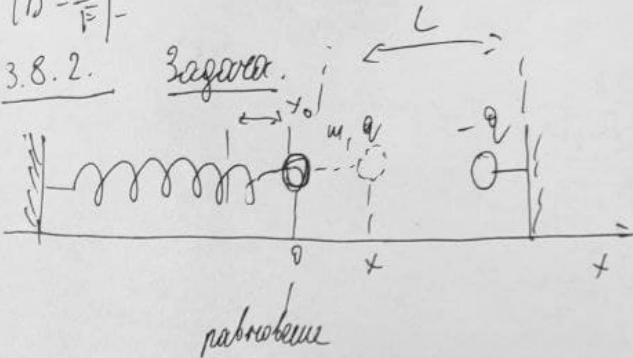
4.1.1 Волны.

Источники.

Фокусное расстояние тонкой линзы - это такое расстояние от оси линзы, где на главной оптической оси собираются параллельные лучи линзы, параллельные главной оптической оси линзы или их продолжения. Оптическая сила - обратная фокусному расстоянию

$$[D = \frac{1}{F}] -$$

3.8.2.

Задача.

На части деформации пружины сила Кулоновского взаимодействия зарядов $+q$ и $-q$ направлена влево, и сила упругости пружины, направленная криво растяжения.

в начальном положении было положение равновесия:

$$kx_0 = \frac{C \cdot q^2}{L^2}, \text{ где } C - \text{коэффициент пропорциональности в законе Кулона, } C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

Величина силы шарика вправо и значения 23M:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= \frac{Cq^2}{(L-x)^2} - k(L+x) = \frac{Cq^2}{(L-x)^2} - kx_0 - kx = \frac{Cq^2}{L^2(1-\frac{x}{L})^2} - \frac{Cq^2}{L^2} - kx = \\ &= \frac{Cq^2}{L^2 \cdot (1-\frac{x}{L})} - \frac{Cq^2}{L^2} - kx = \frac{Cq^2 - Cq^2 \cdot (1-\frac{x}{L})}{L^2 \cdot (1-\frac{x}{L})} - kx = \frac{Cq^2 \cdot \frac{x}{L}}{L^2 \cdot (1-\frac{x}{L})} - kx = \\ &= \frac{Cq^2 \cdot x \cdot L}{L^3 \cdot (L-x)} - kx = \frac{2Cq^2 x}{L^2(L-x)} - kx. \end{aligned}$$

Введем, что $x \ll L$, тогда $L^2(L-x) \approx L^3$. Тогда

$$m\ddot{x} = \frac{2Cq^2}{L^3} x - kx = \left[\frac{2Cq^2}{L^3} - k \right] x$$

$$m\ddot{x} = \left[\frac{2Cq^2 - kL^3}{L^3} \right] x$$

$$\ddot{x} = \frac{2Cq^2 - kL^3}{mL^3} \cdot x.$$

$$\omega^2 = \frac{2Cq^2 - kL^3}{mL^3}$$

$$\text{Тогда этим } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f; \quad \omega^2 = 4\pi^2 f^2$$

4.1.1. Задача промежуточные

Писовик.

Получаем, что:

$$\frac{2c\varrho^2 - hL^3}{mL^3} = 4\pi^2 f^2$$

$$2c\varrho^2 - hL^3 = 4\pi^2 f^2 \cdot mL^3$$

$$hL^3 = 2c\varrho^2 - 4\pi^2 f^2 \cdot mL^3$$

$$h = \frac{2c\varrho^2}{L^3} - 4\pi^2 f^2 \cdot m = \frac{2 \cdot 10^{-12} \cdot 8}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} - 4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,01 =$$

$$\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$$

$$h = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 8 \cdot 10^9 - 4 \cdot 3,14 \cdot 1,47^2 \cdot 0,01 = 0,144 - 0,17 - \text{какая-то}$$

сила, ч я не до конца понимаю, почему, а так. Контроль на частные случаи.

4.1. Векторы.

Напряженность электрического поля - векторная величина, характеризующая, насколько сильно сильно электрическое поле в данной точке. Принцип суперпозиции электрических полей заключается в том, что вектор результирующий вектор напряженности электрического поля в данной точке равен векторной сумме всех векторов напряженности электрических полей, действующих в данной точке.

п 2.8.1. Задача, минимальная аккумуляция.

Уравнение реакции при сгорании водорода: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$.

Отсюда ν_B (ка-то в-ва вода) = $\nu_1 = 0,05$ моль.

Также в реакции участвует $\nu_P = 0,025$ моль кислорода. Значит, после реакции останется $\nu_C = \nu_1 - \nu_P = 0,075$ моль чистого воздуха.

Уравнение Менделеева - Клапейрона для воздуха после сгорания:

$p_H V = \nu_H R T$. Предположим, что пар не может конденсироваться.

Тогда $\nu_H = \nu_B = 0,05$ моль. Тогда $p_H = \frac{\nu_H R T}{V} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} \approx 1192 \text{ Па}$.

$p_H < p_H^* \Rightarrow$ предположение верно.

Относительная влажность $f = \frac{p_H}{p_H^*} = \frac{1192}{2330} \approx 70\%$

7

Листовик.

2.8.1. ~~Воздух~~ Пары

Есть такие виды парообразования, как испарение и кипение. Значимая величина парообразования - это такое количество теплоты, которое необходимо подвести к единице массы жидкости, нагретой до температуры кипения, чтобы она превратилась в пар.