



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Спирина Елизавета Александровна**

Класс: 11

Технический балл: **93**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9987189

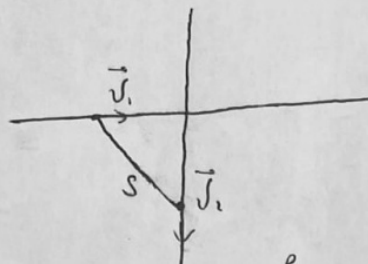
	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	12	15	93
Вопрос	9	9	9	9	

Дано:

- $S_1 = 100 \text{ м}$
- $T = 10 \text{ с}$
- $S_2 = 2S_1 = 200 \text{ м}$
- $v_2 = 36 \text{ км/ч}$
- $v_1 = ?$

Решение:

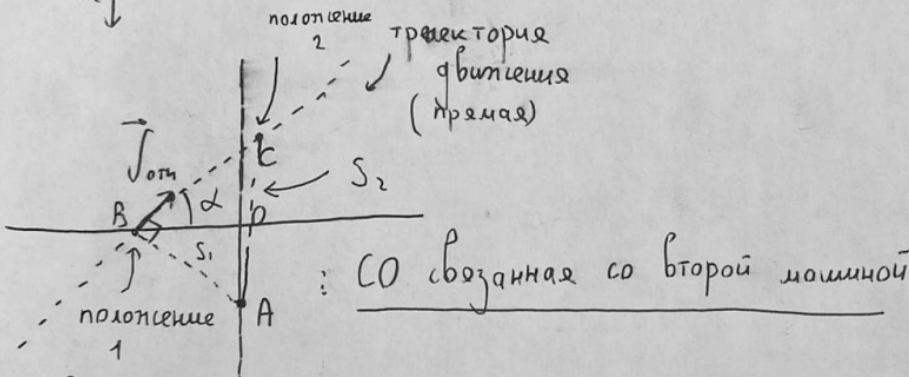
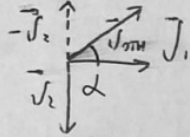
: СО Земли



Перейдем в систему отсчета, связанную со второй машиной:

ЗСС: $\vec{v}_{обс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

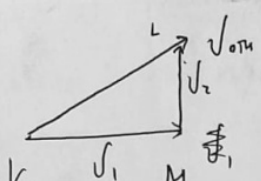
$\vec{v}_{обс} = \vec{v}_1$ $\vec{v}_{пер} = \vec{v}_2$ $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$



$AB = S_1$, при этом S_1 минимальное расстояние между двумя машинами $\Rightarrow \angle ABC = 90^\circ$ (A - точка расположения машины 2 в момент времени t_1 , когда расстояние между машинами S_1); B - точка расположения машины 1 в момент времени t_1 ; C - точка расположения машины 1 в момент времени t_2 , когда расстояние между машинами S_2 .)

$BC = v_{отн} \cdot T$ $AB = S_1$ $AC = 2S_1$ $\sin(\angle BAC) =$
 $\sin(\angle CAB) = \frac{1}{2} \Rightarrow \angle CAB = 30^\circ \Rightarrow \cos(\angle CAB) = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\Rightarrow \cos 30^\circ = \frac{BC}{AC} = \frac{v_{отн} \cdot T}{2S_1}$ $v_{отн} = \frac{2S_1 \cdot \cos 30^\circ}{T}$

По т. Пифагора в $\triangle KLM$: Чистовик



$$v_1 = \sqrt{v_{отн}^2 - v_2^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{4S_1^2 \cos^2 30^\circ}{T^2} - v_2^2}$$

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

$$v_1 = \sqrt{\frac{4S_1^2 \cos^2 30^\circ}{T^2} - v_2^2} = 14,14 \text{ м/с} = 50,9 \text{ км/ч}$$

Ответ: $v_1 = 50,9 \text{ км/ч}$

Теоретический вопрос задает:

Скорость — это физическая величина, которая в момент времени t в данной системе отсчёта равна пределу средней скорости при $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{r}'$$

Закон сложения скоростей — если одна система отсчёта (подвижная), движется поступательно со скоростью $\vec{v}_{пер}$ относительно другой неподвижной системы, то если скорость точки относительно подвижной системы отсчёта $\vec{v}_{отн}$, то скорость этой точки \vec{v} относительно неподвижной системы отсчёта, равна:

$$\vec{v} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$$

Черновик

3

Вычисление к задаче 1:

$$\sqrt{1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100^2 \cdot 3}{4 \cdot 100} - 100^2} = \sqrt{300 - 100} = \sqrt{200} =$$

$$= 10 \sqrt{2} \approx 14,14 \text{ м/с}$$

$$\sqrt{2} \approx 1,414$$

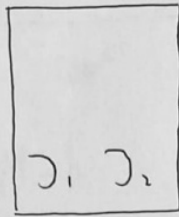
$$14,14 \cdot \frac{3600}{1000} = 3,6 \cdot 14,14 \approx 50,9 \text{ км/ч}$$

$$\begin{array}{r} 14,14 \\ \cdot 3,6 \\ \hline 8484 \\ 4242 \\ \hline 50904 \end{array}$$

Дано:
 $V = 0,1 \text{ м}^3$
 $\nu_1 = 0,05 \text{ моль}$
 $\nu_2 = 1 \text{ моль}$
 $t = 20^\circ \text{C}$
 $p_{\text{н}} = 2330 \text{ Па}$
 $n = 23\% = 0,23$

 $f = ?$

Решение:



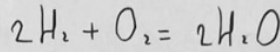
Чистовик

ЗЧ

Кислорода в сухом воздухе:

$$\nu_{\text{к}} = \nu_2 \cdot n$$

Лим. реакция сгорания водорода:

Для сгорания $\nu_1 = 0,05 \text{ моль}^2$ водорода надо:

$$\frac{\nu_1}{2} = \nu_{\text{к}} - \text{сгораемого кислорода} \quad \nu_{\text{к}} < \nu_{\text{к}}$$

Так как $\frac{\nu_1}{2} < \nu_2 \cdot n \Rightarrow$ горит весь водород и образуется $\nu_{\text{в}} = \nu_1 - \text{моль}$ воды.

Тогда после сгорания в системе:

$$\begin{cases} \nu_{\text{в}} = \nu_1 - \text{воды} \\ \nu_{\text{св}} = \nu_2 - \frac{\nu_1}{2} = \nu_2 - \frac{\nu_{\text{в}}}{2} - \text{сухого воздуха} \end{cases}$$

Допустим, что вся вода испарилась, тогда:

$$pV = \nu_{\text{в}} RT = \nu_1 RT$$

$$p = \frac{\nu_1 RT}{V} \Rightarrow f = \frac{p}{p_{\text{н}}} = \frac{\nu_1 RT}{V p_{\text{н}}}$$

$$f = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1 \cdot 2330} = 0,5225 = 52,25\% < 100\% \Rightarrow \text{предположе-}$$

ние верно

Теоретический вопрос к задаче 2:

Парообразование - 1) происходящее со свободной поверхности жидкости при любой температуре - испарение
 2) происходящее при по всему объему интенсивное парообразование - кипение

Удельная теплота парообразования - это ^{Чистовик} физическая величина равная ~~отношению~~ количеству теплоты Q для 5 преобразования в пар единицы массы жидкости

$$L = \frac{Q}{m} \quad [L] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Ответ: $f = 52,25\%$

Дано:

$$m = 10^{-2} = 0,1 \text{ кг}$$

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}; -q$$

$$L = 50 \text{ см}$$

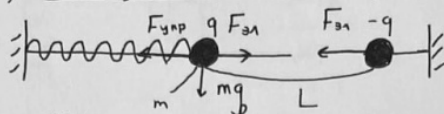
$$f = 1,47 \text{ Гц}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$k = ?$$

Решение: \checkmark 3.8.2

1) Рассмотрим положение равновесия:



2.34 для левой шарика:

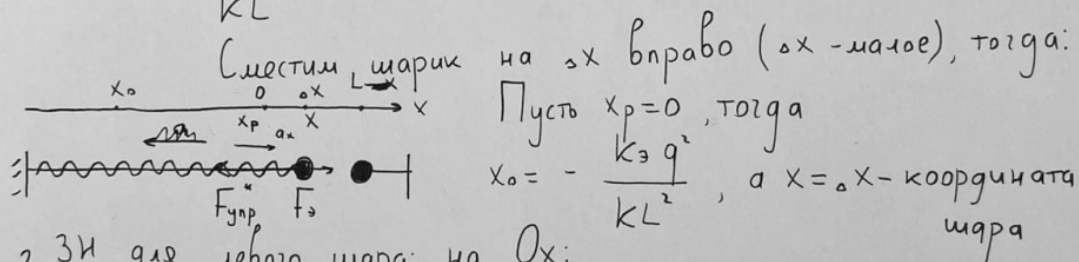
$$F_{\text{упр}} - F_{\text{эл}} = 0$$

$$F_{\text{эл}} = F_{\text{упр}}$$

6

$$\frac{k_3 q^2}{L^2} = k(x_p - x_0) \quad kx_0 = kx_p - \frac{k_3 \cdot q^2}{L^2}$$

$$x_0 = x_p - \frac{k_3 \cdot q^2}{kL^2}$$



2.34 для левой шара: на Ox :

$$-k(x - x_0) + \frac{k_3 q^2}{(L - x)^2} = ma$$

$$k(x - x_0) + \frac{k_3 \cdot q^2}{(L - x)^2} = ma + kx$$

$$-\frac{kx_0}{kL^2} + \frac{k_3 q^2}{(L - x)^2} = ma + kx$$

$$\frac{k_3 \cdot q^2}{(L - x)^2} - \frac{k_3 \cdot q^2}{L^2} = ma + kx$$

Чистовик

Чистовик

Так как $x \ll L$, то верно приближение:

7

$$\frac{K_3 \cdot q^2}{(L-x)^2} = \left(\frac{K_3 \cdot q^2}{L^2} \right) \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{x}{L}\right)^2} \right) \approx \frac{K_3 \cdot q^2}{L^2} \left(1 - \frac{2x}{L} \right)$$

Тогда:

$$\frac{K_3 \cdot q^2}{L^2} - \frac{K_3 \cdot q^2 \cdot 2x}{L^3} - \frac{K_3 \cdot q^2}{L^2} = ma + kx$$

$$ma + kx + \frac{2K_3 \cdot q^2 x}{L^3} = 0$$

$$ma + k \left(K + \frac{2K_3 \cdot q^2}{L^3} \right) x = 0 \quad x'' + \left(\frac{k}{m} + \frac{2K_3 \cdot q^2}{mL^3} \right) x = 0$$

$$\Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m} + \frac{2K_3 \cdot q^2}{mL^3}}$$

$$\omega_0 = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} + \frac{2K_3 \cdot q^2}{mL^3}}$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{k}{m} + \frac{2K_3 \cdot q^2}{mL^3} \right)$$

$$4\pi^2 f^2 - \frac{2K_3 \cdot q^2}{mL^3} = \frac{k}{m}$$

$$k = 4\pi^2 f^2 \cdot m - \frac{2K_3 \cdot q^2}{L^3} = 4\pi^2 f^2 \cdot m - \frac{2q^2}{4\pi \epsilon_0 \cdot L^3} = 4\pi^2 f^2 \cdot m - \frac{q^2}{2\pi \epsilon_0 \cdot L^3}$$

$$k = 4\pi^2 \cdot 3,14^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,1 - \frac{10^{-12}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} =$$

$$= 8,53 - 0,144 = 8,4 \frac{\text{H}}{\text{м}}$$

Теоретический вопрос к задаче 3 Чистовик
8

1) Это напряженность электрического поля — это физическая величина равная отношению силы, действующей на данный пробный заряд единичный положительный, помещенный к этому заряду.

$$E = \frac{F_z}{q_n} = \frac{kq}{r^2} \quad [E] = \frac{H}{K_1} = \frac{B}{m}$$

2) Принцип суперпозиции полей:

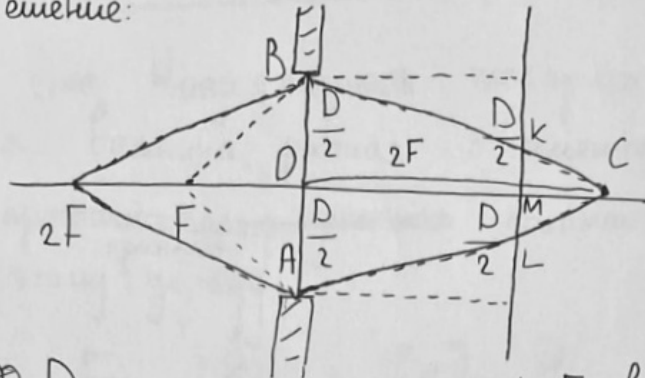
Если в данной точке пространства различные заряды создают электрические поля с напряженностью \vec{E}_1 и \vec{E}_2 , ..., то вектор результирующего электрического поля равен сумме векторов напряженностей всех этих полей.

Чистовик

9

✓ 4.1.1

Решение:

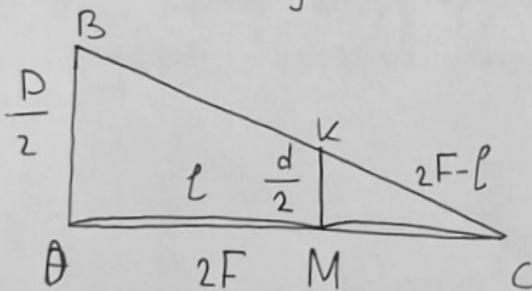


Дано:
 $L = 8 \text{ см}$
 $D = 5 \text{ см}$
 $d_1 = F$
 $d_2 = 2F$
 $d = 3 \text{ см}$
 $F = ?$

Для положения 1, где $d_1 = F$ верно из свойства главного оптического фокуса, что преломление лучи пойдут параллельно FOO , тогда $AB = D$, где AB - диаметр линзы.

ФТЛ для положения 2 $d_2 = 2F$:

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



Из подобия $\triangle CBO$ и $\triangle CKM$:

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

$$4Fd = 4FD - 2Dl$$

$$4F(D-d) = 2Dl$$

$$F = \frac{2Dl}{4(D-d)} = \frac{Dl}{2(D-d)} = \frac{5 \cdot 8}{2(5-3)} = \frac{40}{4} = 10 \text{ см}$$

Теоретический вопрос к заданию 4:

- 1) Фокусное расстояние - это расстояние между главным фокусом линзы и её оптическим центром
- 2) Оптическая сила линзы - это физическая величина равная обратному значению фокусного расстояния линзы
 $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ [D] - дптр

Ответ: $F = 10 \text{ см}$