



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Калугина Елизавета Александровна**

Класс: 11

Технический балл: **92**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 8963804

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	92
Вопрос	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	

Вопросы:

Числовой NЧ.1.1.

Фокусное расстояние - расстояние от фокуса до центра линзы (F). Измеряется в метрах.

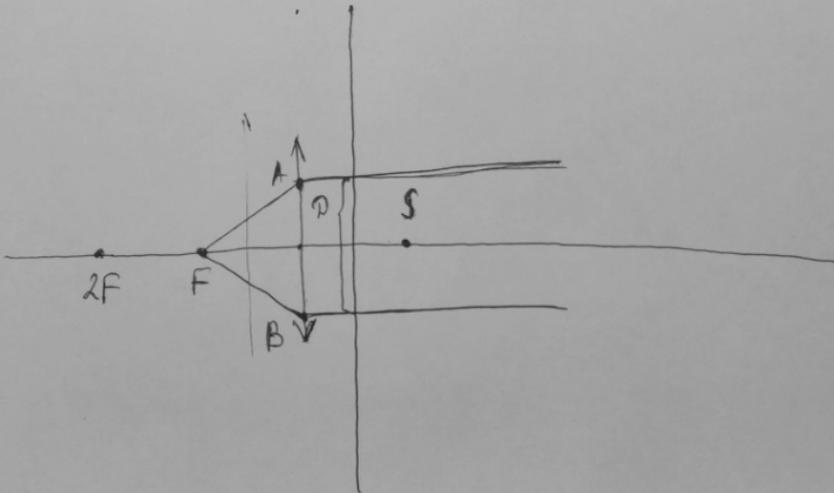
$D = \frac{1}{F}$ - величина, обратная F - это оптическая сила линзы.

Измеряется в диоптриях, т.е. 1 диоптрия - это опт. сила линзы с $F = 1 \text{ м}$.

- Опт. сила собирающей линзы n^+
- Опт. сила рассеивающей линзы n^-

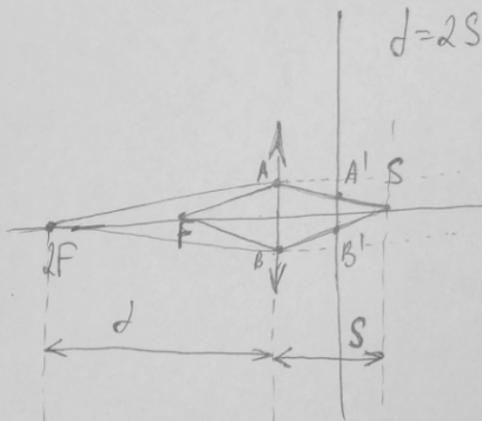
Если на тонкую собирающую линзу направить пучок света $\parallel \Gamma O O$, то после преломления в линзе все лучи, образующие пучок пройдут через 1 точку на $\Gamma O O$. Это и есть фокусное расстояние собирающей линзы.

~~Все~~ Все лучи, $\parallel \Gamma O O$ рассеивающей линзы, после преломления в ней отклоняется к $\Gamma O O$ так, что их продолжения пересекается в одной точке на $\Gamma O O$ перед линзой. Это и есть F рассеивающей линзы. (Мнимое) т.к. действительности лучи света в ней не собираются).



W4.1.1

Умножен



$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2S}$$

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

$$\Rightarrow f = 2F$$

$$2) \triangle SAB \sim \triangle SA'B' \Rightarrow \frac{d}{d} = \frac{f-l}{f} \Rightarrow \frac{d}{d} = 1 - \frac{l}{f} \Rightarrow \frac{l}{f} = 1 - \frac{d}{d}$$

$$AB = d$$

$$A'B' = d$$

$$f = \frac{l}{1 - \frac{d}{d}} = 2F \Rightarrow F = \frac{l}{2(1 - \frac{d}{d})}$$

$$3) F = \frac{8}{2(1-0,6)} = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ (cm)}$$

$$\text{ответ: } F = 10 \text{ см}$$

Числовик

3

№3.8.2

Вопросы:

1) Напряженность эл. поля

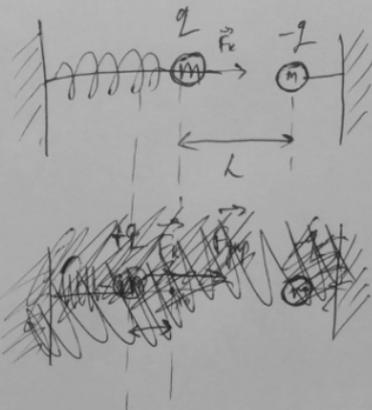
Эл. заряд создает вокруг себя эл. поле, которое в каждой точке пространства характеризуется векторно-числовой величиной (напряженностью \vec{E}). Напряженность эл. поля определяется как сила, действующая в данной точке пространства на единичный положительный точечный заряд. Измеряется в $\frac{\text{Вольт}}{\text{метр}}$. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

2) Принцип суперпозиции:

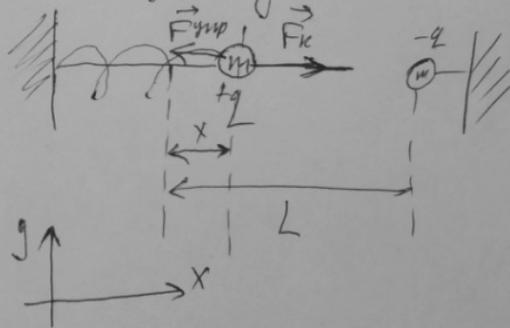
Если в данной точке пространства различные заряды создают эл. поля напряженностью $\vec{E}_1; \vec{E}_2; \dots$, то вектор напряж. результирующего эл. поля равен сумме векторов напряженности всех эл. полей.

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Решение:



По 2 закону Ньютона:



$$O_x: \text{max} = F_{\text{упр}} - F_{\text{к}}$$

(см далее стр 13)

Упробер

~1.

$S = 100 \text{ м} = \text{min.}$
 $t = 10 \text{ сек. } S = 2S_1$
 $v_2 = 36 \text{ км/ч.}$

$c = \sqrt{a^2 + b^2}$



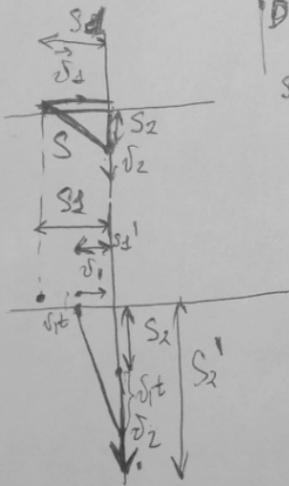
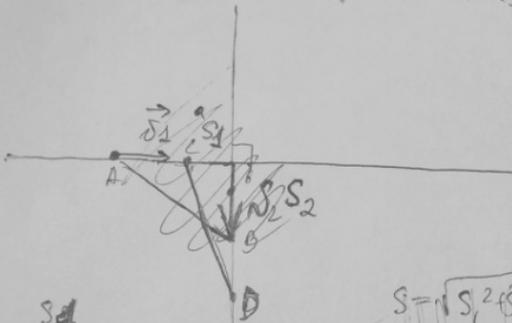
$S_1^2 + S_2^2 = \text{min} = S^2$

$\sqrt{S_1^2 + S_2^2} = \text{min} = 100$

$S_1 + S_2 = 100$

~~$64 + 36 = 100$~~

$64 + 36 = 100$

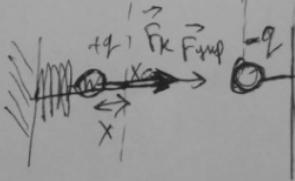
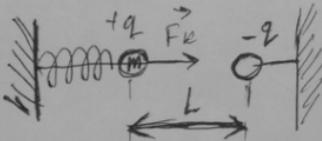


$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$ $S' = \sqrt{S_1'^2 + S_2'^2}$
 $S = 100 \text{ м.}$ $S' = 200 \text{ м.}$
 $S_1' = S_1 - v_1 t$ $S_2^2 + S_2'^2 = 100^2 = S^2$
 $S_2' = S_2 + v_2 t$ $S_1'^2 + S_2'^2 = S'^2$
 $S_1'^2 = (S_1 - v_1 t)^2 = S_1^2 - 2S_1 v_1 t + v_1^2 t^2$
 $S_2'^2 = (S_2 + v_2 t)^2 = S_2^2 + 2S_2 v_2 t + v_2^2 t^2$
 $S_1'^2 + S_2'^2 - 2S_1 v_1 t + v_1^2 t^2 + 2S_2 v_2 t + v_2^2 t^2 =$
 $= S^2$ $36 \text{ км}^2 / \text{ч}^2 = 36 \cdot 10^{-3}$

№3 $m = 10 \text{ г. } f = 10^{-6} \text{ Кл. } x = 0 \text{ К-?}$
 $L = 50 \text{ см. } D = 14 \text{ г. } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$

$(1+x)^n \approx 1 + nx$

$F_k = \frac{kq_1 q_2}{L^2}$



Черновик

$$S_1^2 + S_2^2 = S^2 - 2S_1 \Delta t + 2S_2 \Delta t + \cancel{v_1^2 t^2} + \cancel{v_2^2 t^2} = S^2 = 4S^2$$

$S_1 = S_2 \Delta t$ 12.

Парообразование - это процесс перехода в-ва из жидкого состояния в газообразное.

- Испарение - парообразование на поверхности жидкости при $T < T_0$
- Кипение - парообразование внутри жидкости.

(Если давление н.п \rightarrow давлению в жидкости, то пузырьки пара внутри жидкости расширяются и всплывают на поверхность.)

Удельная теплота парообразования - это кол-во тепла Q , необходимое для превращения в пар ~~единицы~~ единицы массы вещества, нагреваемого до температуры кипения. $Q = \frac{Q}{m}$

$$\mu = \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{нп}}} = \frac{P_{\text{пара}} \cdot RT}{V \cdot P_{\text{нп}}} = 0,05 \cdot 8,31 \cdot 293 = \frac{10^{-2} \cdot 8,31 \cdot 293}{466 \cdot 10^{-5}} = 10^{-1}$$

$\times 0,05$

\Rightarrow коэффициент μ не зависит на парциальное давление пара.

$$\begin{array}{r} 2 \\ 8,31 \\ \hline 1662 \end{array}$$

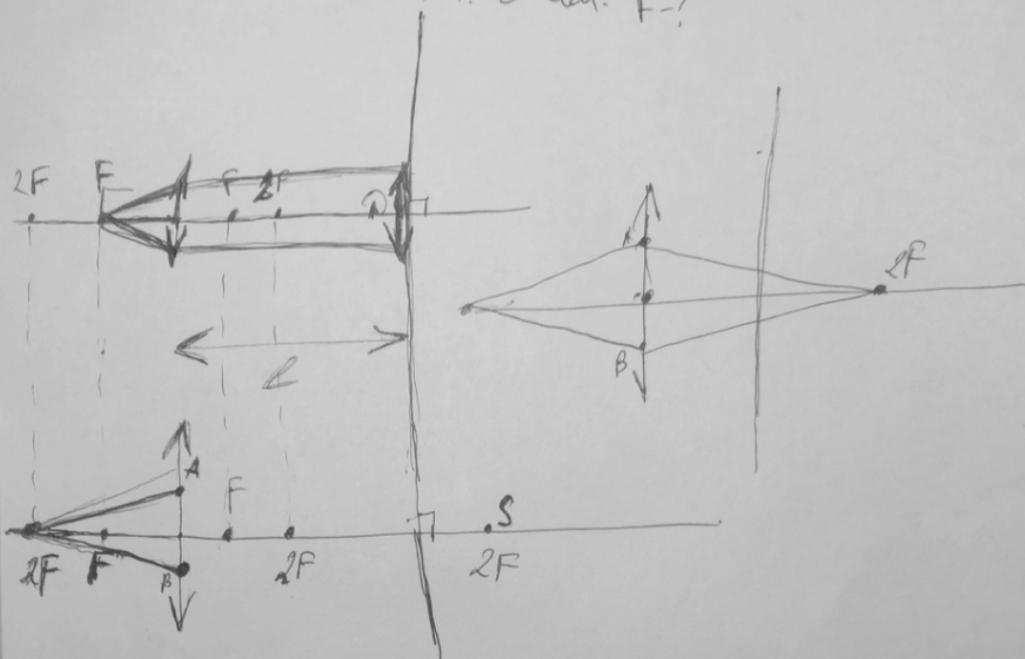
$$\begin{array}{r} 2330 \ 5 \\ 20 \ 1466 \\ \hline 39 \\ -30 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 233 \\ \times 8,31 \\ \hline 1293 \\ 1879 \\ \hline 2344 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2434,83 \ 446 \\ 2 \ 230 \ 152 \\ \hline 2048 \\ 23 \\ \hline 2250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2434,83 \ 446 \\ 22501 \ 5 \\ \hline 2048 \end{array}$$

Червовак $F \Rightarrow D = 5 \text{ см.}$
 $2F \Rightarrow d = 3 \text{ см.}$
 ч. $l = 8 \text{ см.}$ $F = ?$



$n_2 V = 0,1 \text{ м}^3$

Q-?

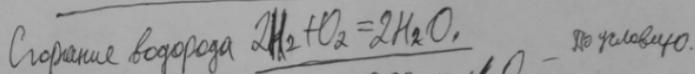
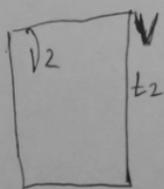
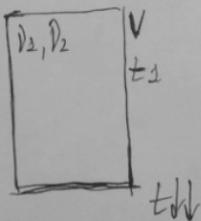
$V_1 = 0,05 \text{ моль}$

$V_2 = 1 \text{ моль}$

$t_2 = 20^\circ\text{C} = 273 + 20 = 293$

$P_{\text{НП}} = 2330 \text{ Па}$

$O_2 \approx 23\%$



$O_2 \approx 23\%$ в воздухе $\Rightarrow 0,23 \text{ моль } O_2$
 из реакции: $\frac{1}{2} \cdot 0,05 \text{ моль } O_2$
 При этом $0,05 \text{ моль } H_2$
 т.е. достаточно $0,025 \text{ моль } O_2$ и весь водород сгорит.
 $\Rightarrow 0,05 \text{ моль } H_2O$ все пара $0,05 \text{ моль}$
 $0,05$, весь пара
 $P_{\text{пара}} \cdot V = \nu_{\text{пара}} RT$ - мену Клаузиуса.
 $\Rightarrow P_{\text{пара}} = \frac{\nu_{\text{пара}} RT}{V}$

17

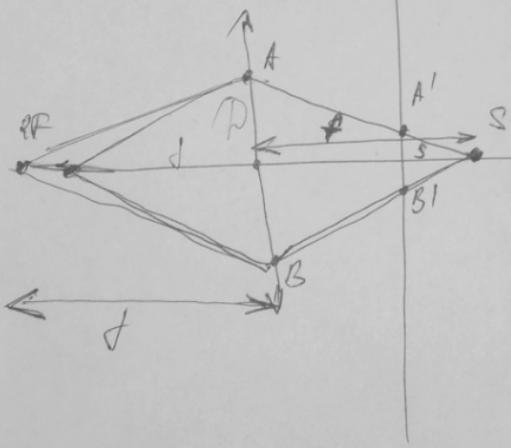
Черновик

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2s}$$

$$\Rightarrow d = 2s \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow F = 2F$$



$\triangle SA'B'$ - подобна $\triangle A'B'N$ и $\triangle SAB$

$$\frac{d}{D} = \frac{f-l}{f}$$

$$\frac{d}{D} = \frac{1-l}{f} \Rightarrow \frac{l}{f} = 1 - \frac{d}{D}$$

$$f = \frac{l}{1-d} = 2F \Rightarrow f = \frac{l}{2 \cdot (1-d)} = \frac{8}{2(1-0,6)}$$

$$= \frac{4}{0,4} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ (см)} \text{ Ответ: } F = 10 \text{ см.}$$

Фокусное расстояние - расстояние от фокуса до центра линзы (F) [м]

Величина, обратная фокусному расстоянию - это $D = \frac{1}{F}$ - оптическая сила линзы [Дптр], в диоптриях, т.е. 1 ~~диоптрия~~ диоптрия - оптическая сила линзы с ~~фокусом~~ $F = 1 \text{ м}$.

От оптической силы линзы $n + 1$

Если на рассеивающую линзу $n - 1$.

Всех точек собирающей линзы направлено лучом света $\parallel \Gamma O$, то

после преломления в линзе все лучи образуют лучи прохода ΓO через 1 точку на ΓO . Это и есть фокусное расстояние собирающей линзы.

Мерковик

9

$$\max_x = F_{\text{кул}} - F_{\text{упр}}$$

$$F_{\text{кул}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$$

$$\text{ТК } x \rightarrow 0 \Rightarrow \text{малое значение } L \Rightarrow (L-x)^{-2} \approx L^{-2} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{-2} \approx \frac{1+2x}{L^2} =$$

$$\frac{1}{L^2} + \frac{2x}{L^3}$$

$$\Rightarrow F_{\text{кул}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2x}{L^3}$$

$$F_{\text{упр}} = k(h_2 - h_0) \Rightarrow \text{Роль константы равновесия: } k_0(h_1 - h_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$h_2 = h_1 + x$$

$$k(h_1 - h_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$\max = k(h_1 - h_0) + kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} - \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} \cdot x$$

$$\max = -x \left(\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - k \right) \quad \text{гипергармон. упр-ние}$$

$$a_x = x'' \quad x'' + \omega^2 x = \text{const} \quad \text{упр-ние колебаний}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - k$$

$$\omega = 2\pi \cdot \nu = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - k}} \cdot \frac{m}{m}$$

$$\Rightarrow 4\pi^2 \cdot d^2 m = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 k^3} - k$$

Черновик

$$\Rightarrow k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 k^3} - 4\pi^2 d^2 m = \frac{(10^{-6})^2}{2.3 \cdot 14.8 \cdot 85 \cdot 10^{-12} \cdot (50)^3}$$

Направленность Эл. поля ~~Эл. поле~~ Эл. заряд создает вокруг себя ~~электрическое поле~~ электрическое поле, которое в каждой точке пространства характеризуется векторно-физической величиной

~~Направленность Эл. поля~~ Направленность Эл. поля определяется как сила действующая в данной точке на единичный ~~положительный~~ ^{положительный} заряд [Вольт/метр].

Если в данной точке пространства различные заряды создают Эл. поле

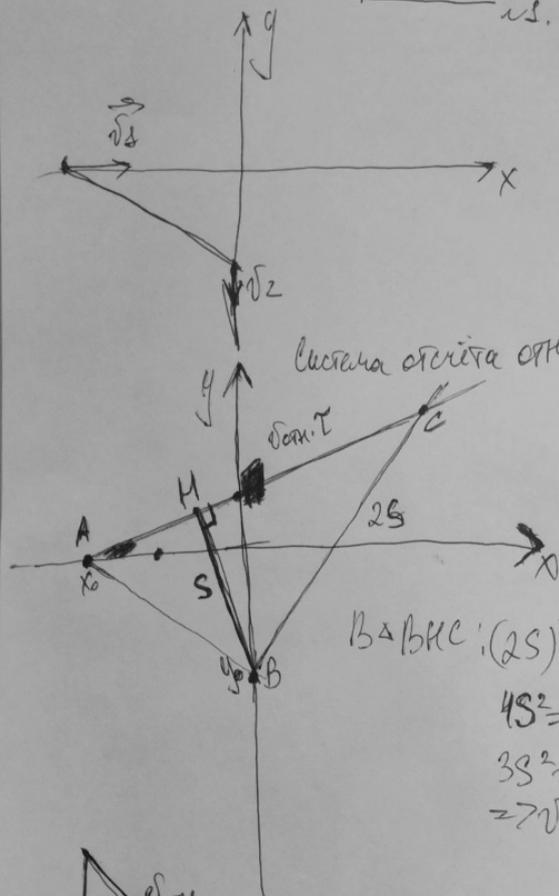
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

направленностью $\vec{E}_1; \vec{E}_2; \dots$, то вектор направленности результирующего Эл. поля равен сумме векторов направленности всех Эл. полей. ~~Математическая запись~~

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Черновик

11



Система отсчета относительно стороны авто:

x_0 - начальная позиция авто-модуля.
 y_0 - начальная позиция авто-модуля.

BM - минимальное S BC - расстояние $2S$

$$\text{В } \triangle BMC: (2S)^2 = MC^2 + BM^2$$

$$4S^2 = S^2 + (v_{отн} \cdot \tau)^2$$

$$3S^2 = v_{отн}^2 \cdot \tau^2$$

$$\Rightarrow v_{отн}^2 = \frac{3S^2}{\tau^2}$$



$$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$\Rightarrow v_1^2 + v_2^2 = \frac{3S^2}{\tau^2} \Rightarrow v_1^2 = \frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2}$$

$$\approx \sqrt{\frac{3 \cdot 0,01 \cdot 8600^2}{100} - 2^2} = \sqrt{\frac{3880}{100} - 4} = \sqrt{38,8 - 4} = \sqrt{34,8} \approx 5,9$$

Мгновенная скорость $\vec{v}(t)$ в данной системе отсчета $v = \sqrt{259^2 + 2^2} \approx 259,2 \approx 514,4 \text{ км/ч}$
 момент времени t как предел средней скорости при неограниченном
 уменьшении интервала времени Δt .

Черновик

12

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

Пусть \vec{v}_0 — скорость CO_2 , которую мы будем называть скоростью движения относительно CO_2 , которую мы будем называть скоростью. Пусть \vec{v}' — скорость CO_2 равна \vec{v}' , тогда \vec{v} — это все точки относительного CO_2 находится относительно, наз. закон

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0$$

v3.82

Устойчив

13

$$F_{\text{Кулона}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$$

$\forall KX \rightarrow 0$, т.е. можно считать L

$$\Rightarrow (L-x)^2 \approx L^2 \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{-2} = \frac{1 + \frac{2x}{L}}{L^2} \approx \frac{1}{L^2} + \frac{2x}{L^3}$$

$$\Rightarrow F_{\text{Кулона}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{L^2 \cdot 2x}{L^2}$$

$F_{\text{упр}} = k(L_2 - L_0) \Rightarrow$ сила упругости равновесия:

$$k(L_1 - L_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$\begin{cases} L_2 = L_1 + x \\ k(L_1 - L_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \max = k(L_1 - L_0) + kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} - \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot x}{L^3}$$

$$a_x = x''$$

Получим дифференциальное уравнение: $x'' + \omega^2 x = \text{const}$
(т.е. уравнение колебаний)

$$x'' + \omega^2 x = \text{const.}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - k$$

(см. также на стр 18)

m

Чистовик

14

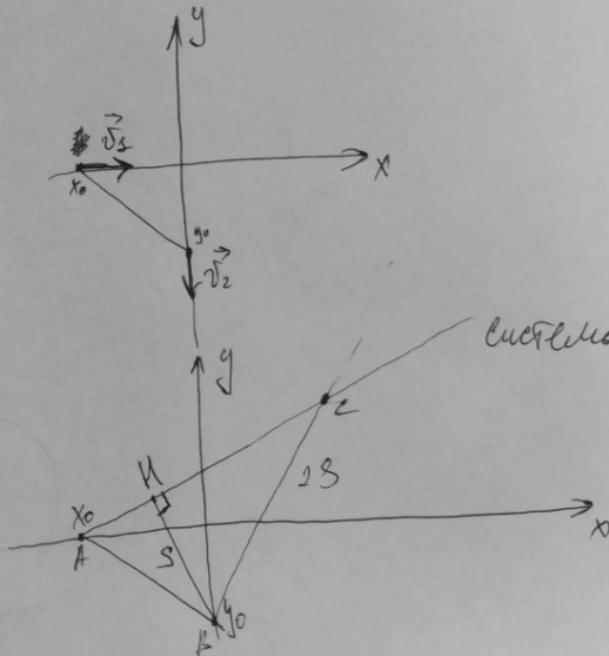
N 1.2.1

Вопрос: 1) Числовой скоростью $\vec{v}(t)$ в точке O (система отсчёта) в момент времени t называют предел скорости при неограниченном уменьшении интервала времени Δt .

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

2) Закон сложения скоростей: $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0$

Пусть ~~система~~ O_1 - подвижная и движется поступательно с \vec{v}_0 относительно O_2 . O_2 - неподвижная. Пусть скорость точки относительно O_1 равна \vec{v}' , тогда \vec{v} этой же точки относительно O_2 находится соотношением, называемым законом сложения скоростей.



система отсчёта относительно второго авто.

x_0 - начальное положение S_{x_0}

y_0 - начальное положение S_{y_0}

ВК - мин расстояние S

BC - расстояние $2S$.

N 1.2.1

Чистовик

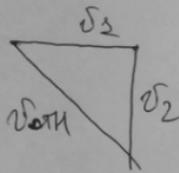
15

$$\text{В } \triangle BHC: (2S)^2 = HC^2 + HB^2$$

$$4S^2 = S^2 + (v_{\text{отн}} \cdot t)^2$$

$$3S^2 = v_{\text{отн}}^2 t^2$$

$$\Rightarrow v_{\text{отн}} = \frac{3S^2}{t^2}$$



Из геометрических соображений:

$$v_{\text{отн}}^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$\Rightarrow \frac{3S^2}{t^2} = v_1^2 + v_2^2$$

$$v_1^2 = \frac{3S^2}{t^2} - v_2^2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{t^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3880}{100} - 1290}$$

$$= \sqrt{3880 - 1290} = \sqrt{2590} \approx 51 \text{ км/час}$$

Ответ: $v_1 \approx 51 \text{ км/час}$

Уставок

16

Вопросы:

№2 & 1

I Парообразование - это процесс перехода в-ва из жидкого состояния в газообразное

Виды парообразования:

1) Испарение - парообразование на поверхности жидкости при любой t°

2) Кипение - парообразование внутри жидкости. (Если давление ($P_{н.п}$) $>$ $P_{жидкости}$ до пузырьки пара внутри жидкости расширяется и всплывает на поверхность).

II Удельная теплота парообразования - это кол-во теплоты Q , необходимое для превращения в пар единицы массы жидкости, нагретой до температуры кипения $Q = \frac{Q}{m}$

Решение:

1) Сгорание водорода: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

По условию: $O_2 \approx 23\%$ в воздухе
 $\Rightarrow 0,23 \text{ моль } O_2$

Из реакции: для сгорания $0,05 \text{ моль } H_2$ необходимо

$\frac{1}{2} \cdot 0,05 \text{ моль } O_2$

т.е. достаточно $0,025 \text{ моль } O_2$ и весь водород сгорит

$\Rightarrow 0,05 \text{ моль } H_2O$ т.е. $0,05 \text{ моль пара}$

в2.8.1

Чистовик

[17]

2) Запишем ур-ние Менг-Клап.:

$$P_{\text{пара}} V = \nu_{\text{пара}} R T$$

$$\Rightarrow P_{\text{пара}} = \frac{\nu_{\text{пара}} R T}{V}$$

$$T = 20 + 273 = 293(\text{K})$$

$$3) \varphi = \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{н.п.}}} = \frac{\nu_{\text{пара}} R T}{V \cdot P_{\text{н.п.}}} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330 \cdot 0,1} = \frac{10^{-2} \cdot 8,31 \cdot 293}{466 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 0,52$$

Ответ: $\varphi = 52\%$

№3.82

Частота

[18]

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

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow \nu^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \left(\frac{q^2}{2\pi \epsilon_0 L^3} - k \right)$$

$$\Rightarrow 4\pi^2 \nu^2 m = \frac{q^2}{2\pi \epsilon_0 L^3} - k$$

$$\Rightarrow k = \frac{q^2}{2\pi \epsilon_0 L^3} - 4\pi^2 \nu^2 m = \frac{(10^{-6})^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot (50 \cdot 10^{-2})^3} -$$

$$- 4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,47^2 \cdot 10^{-2}$$