МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шахзадов Кирилл Дмитриевич**

Класс: 11

Технический балл: **81**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9929428

<table>
<tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>$\sum$</th></tr>
<tr><td>Задача</td><td>15</td><td>15</td><td>7</td><td>15</td><td rowspan="2">81</td></tr>
<tr><td>Вопрос</td><td>5</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td></tr>
</table>

2 Чистовик

$v_2 \sin\alpha = v_1 \cos\alpha;$

$v_2 \frac{y_0}{S} = v_1 \frac{x_y}{S};$

$v_2 y_0 = v_1 x_y;$ $x_y = y_0 \frac{v_2}{v_1}$

$x_y^2 + y_0^2 = S^2;$ $y_0^2 \frac{v_2^2}{v_1^2} + y_0^2 = S^2;$

$y_0^2 \frac{v_2^2 + v_1^2}{v_1^2} = S^2;$ $y_0 = S\sqrt{\frac{v_1^2}{v_1^2+v_2^2}};$

$x_y = y_0 \frac{v_2}{v_1} = S\frac{v_2}{v_1}\sqrt{\frac{v_1^2}{v_1^2+v_2^2}} = S\sqrt{\frac{v_1^2 v_2^2}{v_1^2(v_1^2+v_2^2)}} = S\sqrt{\frac{v_2^2}{v_1^2+v_2^2}}$

$(y_0 + v_2\tau)^2 + (x_y - v_1\tau)^2 = 4S^2;$

$y_0^2 + 2y_0 v_2 \tau + v_2^2\tau^2 + x_y^2 - 2x_y v_1 \tau + v_1^2\tau^2 = 4S^2$

$\tau(2y_0 v_2 - 2x_y v_1) + \underbrace{y_0^2 + x_y^2}_{S^2} + (v_1^2+v_2^2)\tau^2 = 4S^2$

$\tau\left(2\cdot S\sqrt{\frac{v_1^2}{v_1^2+v_2^2}}\cdot v_2 - 2S\sqrt{\frac{v_2^2}{v_1^2+v_2^2}}v_1\right) + (v_1^2+v_2^2)\tau^2 = 3S^2$

$2S\tau\underbrace{\left(v_1 v_2\sqrt{\frac{1}{v_1^2+v_2^2}} - v_1 v_2\sqrt{\frac{1}{v_1^2+v_2^2}}\right)}_{0} + (v_1^2+v_2^2)\tau^2 = 3S^2;$

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

$= \sqrt{\frac{3\cdot(100\,м)^2}{(10\,с)^2} - (36\,\frac{км}{ч})^2} = \sqrt{300\,\frac{м^2}{с^2} - (10\,\frac{м}{с})^2} = \sqrt{200\,\frac{м^2}{с^2}} = 10\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$

$\cancel{\approx 14{,}1\,\frac{м}{с}} = 36\sqrt{2}\,\frac{км}{ч} \approx 51\,\frac{км}{ч}$

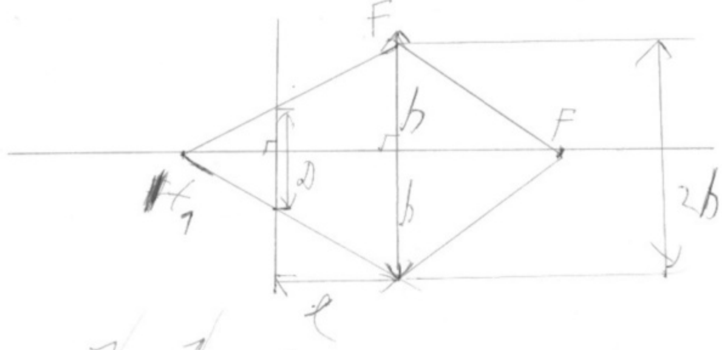
$1{,}414 \times 36$: 8484, 4242, $50{,}904$

Ответ: $\cancel{10\sqrt{2}\,\frac{м}{с} \approx 14{,}1\,\frac{м}{с}}$ $36\sqrt{2}\,\frac{км}{ч} \approx 51\,\frac{км}{ч}$

Вопросы: Скорость — это расстояние, которое проходит тело за единицу времени. Закон сложения скоростей: ~~вектор скорости тела равен векторной сумме ско~~ вектор скорости равен векторной сумме скоростей из которых он состоит. $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \ldots + \vec{v}_n$.

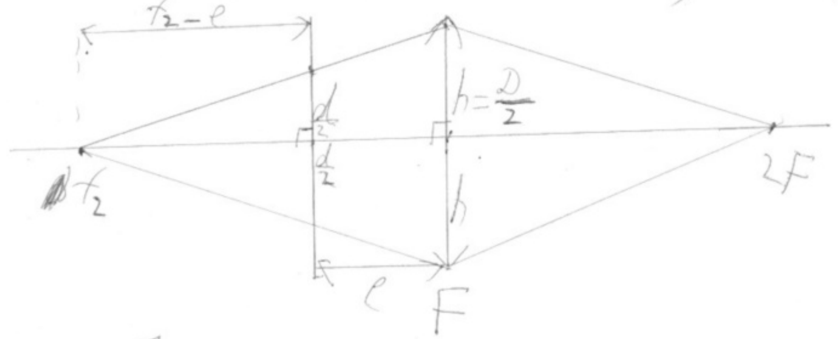
3 Чистовик

4.1.1 ~~4.1.1~~ Задача.



$$\frac{1}{F}=\frac{1}{F}+\frac{1}{f_1};\quad f_1\to\infty,$$

Свет из линзы от источника света в её главном фокусе выходит параллельно оптической оси, $D=2h$; $h=\frac{D}{2}$



$$\frac{1}{F}=\frac{1}{2F}+\frac{1}{f_2};\quad \frac{1}{f_2}=\frac{1}{2F};\quad f_2=2F.$$

Из подобия Δ:

$$\frac{\frac{D}{2}}{\frac{d}{2}}=\frac{2F}{2F-l};\quad 2F\cdot d=(2F-l)D;\quad 2Fd=2FD-lD;$$

$$2F(d-D)=-lD;\quad F=\frac{lD}{2(D-d)}=\frac{8\,см\cdot 5\,см}{2(5\,см-3\,см)}=\boxed{10\,см.}$$

Ответ: 10 см

Вопросы: фокусное расстояние линзы — это расстояние от линзы, на котором формируется изображение удалённого ($d\gg F$) предмета. Оптическая сила линзы — величина, обратная фокусному расстоянию, ~~характеризующая~~ показывающая, как ~~[illegible]~~ сильно преломляются лучи в линзе. $D=\frac{1}{F}$.

4 Черновик

$H_2 + (N_2 + O_2 + \dots)$

$2H_2 + 2O_2 = 2H_2O + O_2$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$k\Delta l = k_0 \frac{q^2}{L^2}$

$k = \frac{k_0 q^2}{\Delta l L^2}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m \Delta l L^2}{k_0 q^2}}$

$\frac{9{,}05}{97} = \frac{7}{2}$

$F = Eq$

$E = \frac{kq}{r^2}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{x}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

№5 Чистовик

2.8.1. Задача

Кислорода в сосуде 23%. $\nu_2 = 0{,}23\,\nu_2$

Химическая реакция:

$$2H_2 + 2O_2 = 2H_2O + O_2$$
$$\nu_1 \quad 0{,}23\nu_2 \quad \nu_1 \quad \frac{\nu_1}{2}$$

т.к. $\cancel{\nu_1 < \nu_2}$ $\nu_1 < 0{,}23\nu_2$, то прореагирует ν_1 кислорода, останется $\frac{\nu_1}{2}$ кислорода и $(0{,}23\nu_2 - \nu_1)$ кислорода, который не участвовал в реакции, в итоге реакции получилось ν_1 воды (водяного пара).

$$f = \frac{p_{пара}}{p_н} \cdot 100\%;$$

$$p_{пара} V = \nu_1 R t \Rightarrow p_{пара} = \frac{\nu_1 R t}{V};$$

$$f = \frac{\nu_1 R t}{V p_н} \cdot 100\% = \frac{0{,}05\,моль \cdot 8{,}31\,\frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot 293K}{0{,}1\,м^3 \cdot 2330\,Па} \cdot 100\% \approx$$

$$\approx \frac{1}{2} \cdot 1{,}045 \cdot 100\% \approx \underline{52\%}.$$

$$\begin{array}{r} 293 \\ \times\ 8{,}31 \\ \hline 293 \\ +\ 879 \\ 2344 \\ \hline 2434{,}83 \approx 2435 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 2435 & 2330 \\ -2330 & \overline{1{,}0450\ldots} \\ \hline 10500 & \\ -9320 & \\ \hline 11800 & \\ -11650 & \\ \hline 1500 & \end{array} \qquad \begin{array}{r} 2330 \\ \times\ 4 \\ \hline 9320 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 2330 \\ \times\ 5 \\ \hline 11650 \end{array}$$

Ответ: 52%

Вопросы: Виды парообразования: испарение, кипение

Удельная теплота парообразования — это ~~количество отношение~~ количество теплоты, требуемое для перехода вещества, ~~из~~ взятого при температуре кипения, из жидкости в пар для 1 кг вещества, то есть ~~это~~ отношение этого количества теплоты к массе вещества.

6 Черновик

[illegible]?

[illegible] [illegible] — [illegible] [illegible]

$(1+x)^2 \approx 1+2x$

$(L+\Delta l)^2 = L^2\left(1+\frac{\Delta l}{L}\right)^2 = L^2\left(1+2\frac{\Delta l}{L}\right) = L^2\left(1+2\frac{\Delta l}{L}\right) = L^2+2L\Delta l$

$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{(L+\Delta l)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{L^2\left(1+2\frac{\Delta l}{L}\right)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{L^2+2L\Delta l}$

$k\Delta l_i$ $\Delta F_{упр} = k\Delta l_i$; $\Delta F_{эл} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q^2}{L^2} - \frac{q^2}{L^2+2L\Delta l}\right) =$

$= \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2-L^2-2L\Delta l}{L^2(L^2+2L\Delta l)}\right) = \frac{q^2\cdot 2\Delta l}{4\pi\varepsilon_0 L(L^2+2L\Delta l)} \approx F_1\cdot\frac{2\Delta l}{L}$

$\frac{F_1}{\Delta l} = k\Delta l_i$ F_1; $\frac{\Delta l_i}{\Delta l} = \frac{\Delta l}{L}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$; $\frac{1}{\nu} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$

$E_{упр} = \frac{k(\Delta l+\Delta l_i)^2}{2} = \frac{k\Delta l^2\left(1+\frac{\Delta l_i}{\Delta l}\right)^2}{2} = \frac{k\Delta l^2\left(1+2\frac{\Delta l_i}{\Delta l}\right)}{2} = \frac{k\Delta l^2}{2} + k\Delta l\,\Delta l_i$

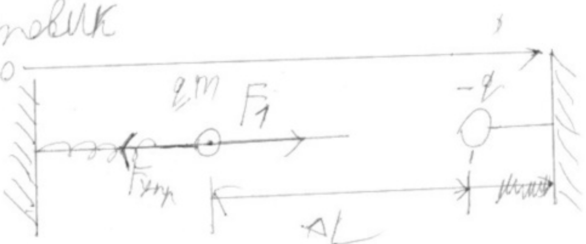
$E_{уп} = k\Delta l\,\Delta l_i$ $W_k = [illegible] = \frac{kq}{r+\Delta r} - \frac{kq}{r} = kq\frac{\Delta r}{(r+\Delta r)r} \approx kq\frac{\Delta r}{r^2}$

$F = Eq$

$W_{пот} = A = Eqd = \frac{kq^2}{L^2}\cdot\Delta l$ $\int_L^{L+\Delta l}\frac{kq^2}{L^2}\,dl = kq^2\left(\frac{1}{L}\right)\Big|_L^{L+\Delta l}$

1 Чистовик

$\underline{7}$



т.к. заряды шариков разных знаков, они притягиваются.

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{L^2};\quad F_{упр} = k\Delta l$$

в положении равновесия сумма прикладываемых к шарику сил равна нулю; $\vec{F}_1 + \vec{F}_{упр} = 0$

$$Ox:\ \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2} - k\Delta l = 0;\quad \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} = k\Delta l$$

Пусть шарик сместили от положения равновесия на малую Δl_0 в сторону пружины

$$\Delta F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{(L+\Delta l_0)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{L^2} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left(\frac{1}{L^2(1+\frac{\Delta l_0}{L})^2} - \frac{1}{L^2}\right) \approx$$

$$\approx \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{L^2(1+2\frac{\Delta l_0}{L})} - \frac{1}{L^2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{L^2+2L\Delta l_0} - \frac{1}{L^2}\right)$$

$$= \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{L-L-2\Delta l_0}{L^2(L+2\Delta l_0)} = -\frac{q^2\Delta l_0}{2\pi\varepsilon_0 L^2(L+2\Delta l_0)} \approx -\frac{q^2\Delta l_0}{4\pi\varepsilon_0 L^3} = -F_1\cdot\frac{2\Delta l_0}{L}$$

$$\Delta F_{упр} = k(\Delta l + \Delta l_0) - k\Delta l = k\Delta l_0 = k\frac{\Delta l}{\Delta l}\Delta l_0 = F_{упр}\frac{\Delta l_0}{\Delta l}$$

т.к. $F_1 = -F_{упр}$, $\frac{\Delta F_1}{\Delta F_{упр}} = \frac{F_{упр}\cdot\frac{2\Delta l_0}{L}}{F_{упр}\frac{\Delta l_0}{L}} = 2,$

~~F_1 изменится больше, чем $F_{упр}$ сила знач. F_1 когда шарик сместился на Δl_0;~~

тело возвращается обратно силой $\Delta F_1 = k\Delta l_0$;

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}};\ T = \frac{1}{\nu};\ \frac{1}{\nu} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

8 Чистовик

Вопрос (к задаче 3.1.2):

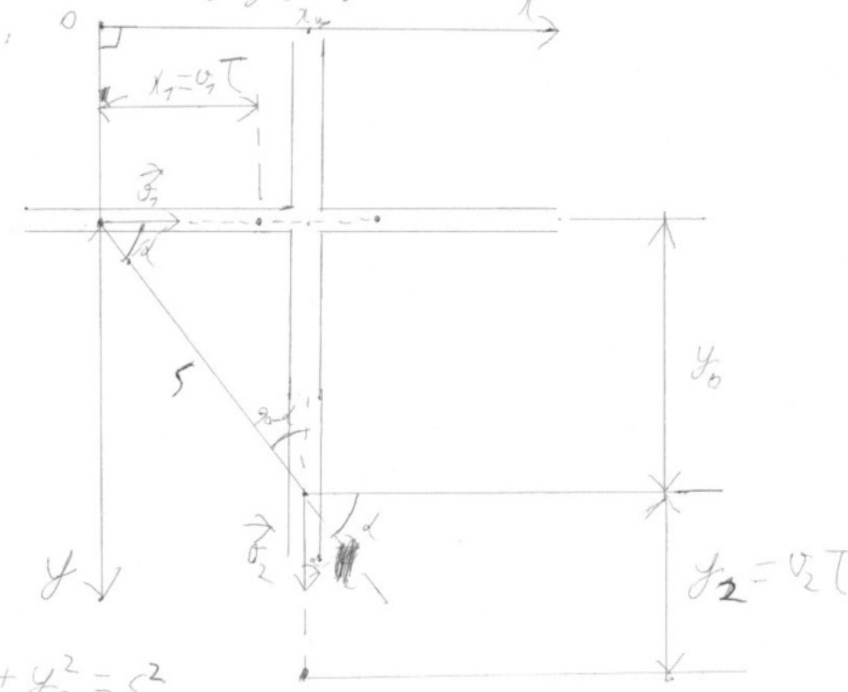
Напряжённость электрического поля — это силовая характеристика поля, отношение силы, действующей на заряженное тело в точке пространства, к заряду тела.

Принцип суперпозиции электрических полей:

~~напряж~~ вектор напряжённости в точке пространства равен векторной сумме напряжённостей всех полей, действующих ~~этих~~ в данной точке. $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n$.

1 Черновик

1.2.1 задача.



$x_ц^2 + y_0^2 = S^2$.

S – минимальное расстояние, значит, в момент, когда между автомобилями это расстояние, их скорости друг относительно друга перпендикулярны S

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

проекция на S: $0 = v_1 \cos\alpha - v_2 \sin\alpha$;

$v_2 \sin\alpha = v_1 \cos\alpha$.

$\sin\alpha = \frac{y_0}{S}$; $\cos\alpha = \frac{x_ц}{S}$,

~~За время T~~ через время T:

$(y_0 + v_2 T)^2 + (x_ц - v_1 T)^2 = (2S)^2$;

$y_0^2 + 2 y_0 v_2 T + v_2^2 T^2 + x_ц^2 - 2 v_1 T x_ц + v_1^2 T^2 = 4S^2$;

$x_ц^2 + y_0^2 = S^2$; $4x_ц^2 + 4y_0^2 = 4S^2$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow y_0^2 + 2 y_0 v_2 T + v_2^2 T^2 + x_ц^2 - 2 v_1 T x_ц + v_1^2 T^2 = 4x_ц^2 + 4y_0^2$;

~~$-3y_0^2 + 2 y_0 v_2 T + v_2^2 T^2 - 3x_ц^2 = 2v$~~