



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Ерёмин Константин Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **86**

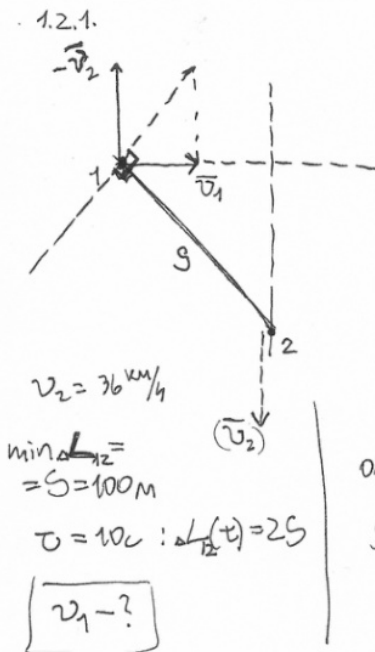
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9123392

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>10</i>	86
Вопрос	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	

ЧИСТОВИК

стр. 1

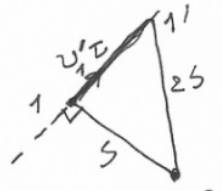


Перейдем в систему отсчета второго автомобиля, в ней первый автомобиль приобретает скорость $-v_2$ вдоль вертикальной оси (вдоль которой движется 2-ой автомобиль)

Полная скорость первого автомобиля в этой С.О. равна

$$v_1' = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \text{ по теореме Пифагора.}$$

Если S -минимальное расстояние, то перпендикуляр, опущенный из точки 2 (неподвижной) на прямую, по которой движется 1-ый автомобиль, как раз по длине будет равен S .



После того, как прошло время t , расстояние $\Delta L_{12}(t)$ между машинами уменьшится.

По теореме Пифагора $(2S)^2 - S^2 = (v_1' t)^2$

$$\Rightarrow 3S^2 = (v_1'^2 + v_2^2) t^2 \rightarrow v_1'^2 = \frac{3S^2}{t^2} - v_2^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{t^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot (0,1 \text{ км})^2}{(30 \text{ с} \cdot \frac{1 \text{ ч}}{3600 \text{ с}})^2} - \left(36 \frac{\text{ км}}{\text{ч}}\right)^2} = \sqrt{3 \cdot 10^{-2} \cdot 360^2 - 36^2} \frac{\text{ км}}{\text{ч}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 36^2} \frac{\text{ км}}{\text{ч}} = 36\sqrt{2} \frac{\text{ км}}{\text{ч}} \quad \text{Ответ: } 36\sqrt{2} \frac{\text{ км}}{\text{ч}} \approx 50,8 \frac{\text{ км}}{\text{ч}}$$

Вопросы: Скорость — величина, характеризующая перемещение тела с течением времени. Скорость равна производной радиус-вектора тела по времени:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Вопросы: Скорость — величина, характеризующая перемещение тела за единицу времени. Скорость равна производной радиус-вектора тела по времени: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

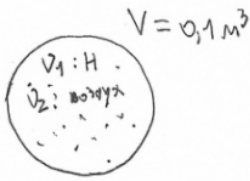
Закон сложения скоростей: При переходе в систему отсчета, движущуюся со скоростью \vec{u} относительно прежней С.О., следует изменить скорости всех тел на $-\vec{u}$.

• При движении со скоростью \vec{v}_1 вдоль одной оси и со скоростью \vec{v}_2 по оси, \perp первой, полная скорость равна векторной сумме $\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

ЧИСТОБЫК

Стр. 2

2.8.1.



$$V_1 = 0,05 \text{ моль}$$

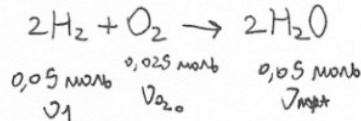
$$V_2 = 1 \text{ моль}$$

$$t = 20^\circ\text{C} \quad p_{\text{атм}}(t) = 2330 \text{ Па}$$

$$n_{\text{O}_2} = 0,23$$

Скорость водорода \rightarrow
 $\rightarrow f - ?$

Реакция горения водорода в воздухе:



Уравнение Менделеева-Клапейрона для воздуха как м.г. (считаем его идеальным газом): $p_{\text{атм}} V = \nu R T$

Узнаем, хватит ли кислорода в смеси кислорода для сгорания всего водорода. Чтобы весь водород сгорел,

$$V_{\text{O}_2} > 0,025 \text{ моль} \quad \text{т.е.} \quad \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} > 0,025 \text{ моль}$$

$$m_{\text{O}_2} > 16 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot \frac{25}{1000} \text{ моль} = \frac{1,6 \cdot 25}{100} \text{ г}$$

Масса всего воздуха в смеси равна $m_0 = m_{\text{O}_2} \cdot V_2 = 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = 29 \text{ г}$, т.д.

т.к. n_{O_2} -ая часть — кислород; $m_{\text{O}_2} = \frac{23}{100} \cdot 29 \text{ г} > \frac{1,6 \cdot 25}{100} \text{ г} \Rightarrow$

\Rightarrow весь ~~кислород~~ ^{водород} прореагирует с кислородом этого воздуха $\Rightarrow V_{\text{атм}} = 0,05 \text{ моль}$

$$p_{\text{атм}} = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot R \cdot (273 \text{ К} + t)}{0,1 \text{ м}^3} = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot R \cdot 293 \text{ К}}{\text{м}^3} = \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 293 \text{ Па}$$

$$f = \frac{p_{\text{атм}}}{p_{\text{атм}}(t)} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 293}{2330} = \frac{8,31 \cdot 293}{4660} = \frac{2434,83}{4660} \approx 0,522$$

\Rightarrow Ответ: 52%

Вопросы: Виды парообразования: испарение — ^{парообразование} происходит на поверхности жидкости
 кипение — ^{парообразование} происходит по всему объему жидкости

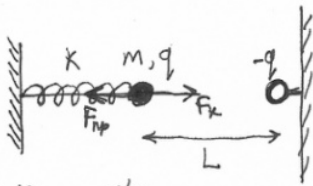
сублимация — парообразование происходит на поверхности твёрдого тела.

Удельная теплота парообразования — количество теплоты, которое нужно передать единице массы жидкости, находящейся при температуре кипения, чтобы она ^{перешла} ~~преобразовалась~~ в обратное состояние.

Упругость

Ф. 3

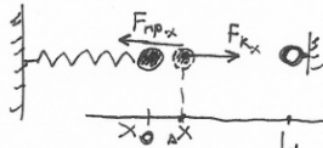
3.8.2.



$m = 10 \text{ г}, q = 10^{-6} \text{ Кл}$
 $L = 50 \text{ см}, f = 1,47 \text{ Гц}$

$K = ?$

В положении равновесия по II закону Ньютона действие сил на заряд скомпенсировано;



$F_{упр} = F_{кx}$ - пружина и заряд действуют в противоположных направлениях
 $Kx_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q}{L^2}$ - закон Кулона
 закон Гюка

Сместим заряд на малое расстояние Δx вдоль горизонтальной оси Ox и рассмотрим силы, действующие на него:

$$m a_x = F_{упр} + F_{кx} = -k(x_0 + \Delta x) + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{(L + \Delta x)^2}$$

$$m a_x = -k(x_0 + \Delta x) + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \cdot \left(1 - \frac{\Delta x}{L}\right)^{-2}$$

$$\Rightarrow m a_x \approx -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2} - k \Delta x + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \left(1 + \frac{2\Delta x}{L}\right) = -k \Delta x + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \cdot \Delta x$$

$\left(1 + \frac{\Delta x}{L}\right)^{-2} \approx 1 + \frac{2\Delta x}{L}$, т.к.
 $(1+x)^a \approx 1+ax$ при $ax \ll 1$, а
 $\Delta x = \frac{2\Delta x}{L}$, что $\ll 1$ при малых Δx

$$\Rightarrow a_x = \left(\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} - k\right) \frac{\Delta x}{m} \quad \ddot{x} - \left(\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3 m} - \frac{k}{m}\right) x = 0$$

Мы получим уравнение, решением которого являются гармонические колебания:

объем $\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \Rightarrow \omega^2 = -\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3 m} + \frac{k}{m} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

$$\Rightarrow 4\pi^2 f^2 = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3 m} + \frac{k}{m} \quad \Rightarrow k = 4\pi^2 m f^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$\approx 4 \cdot 3,14^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot (1,47 \frac{1}{\text{с}})^2 + \frac{10^{-12} \text{ Кл}^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot (\frac{1}{2} \text{ м})^3} \approx 1,42 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Вопросы: Напряженность электрического поля — векторная величина,

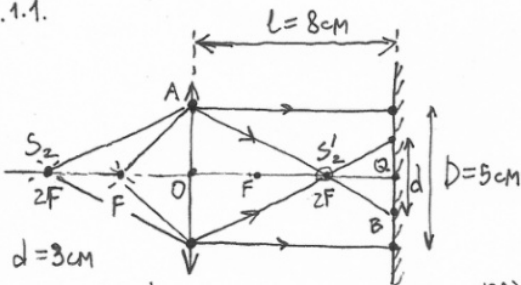
равная отношению силы, действующей на точечный электрический заряд со стороны электрического поля, в котором он находится, на величину этого заряда.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{эл}}{q}$$

Принцип суперпозиции электрических полей. (На заряд, помещенный в поле N зарядов, действует сила $\vec{F}_0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$. Но определится напряженность $\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q}$, откуда и следует принцип суперпозиции). Электрические поля, создаваемые разными источниками, в конкретной точке пространства создают электрическое поле, напряженность которого равна сумме напряженностей каждого источника электрического поля в этой точке.

Ответ: 1,42 Н/м

4.1.1.



Находящийся в фокусе точечный источник света имеет в линзе изображение, находясь на бесконечно удалённом расстоянии от линзы, то его лучи после преломления в линзе становятся параллельными \Rightarrow Размер линзы совпадает с размером пятна, созданным на экране // лучами

По формуле тонкой линзы для источника, находящегося на расстоянии $2F$ от линзы: $\frac{1}{2F} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F}$, где f' - расстояние от линзы до изображения

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

\Rightarrow Лучи источника S_2 после прохождения через линзу пересекутся в точке S'_2 на расстоянии $2F$ от линзы.

Рассмотрим подобные треугольники AOS'_2 и BQS'_2 (они подобны по трём углам):

$$\frac{AO}{BQ} = \frac{OS'_2}{QS'_2}; \quad \frac{D/2}{d/2} = \frac{2F}{L-2F}$$

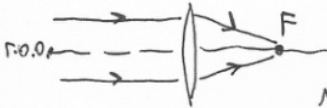
$$\Rightarrow D(L-2F) = d \cdot 2F$$

$$DL = 2F(d+D)$$

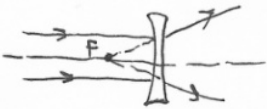
$$F = \frac{DL}{2(d+D)} = \frac{5 \cdot 8}{2(3+5)} = 2,5 \text{ см}$$

Ответ: 2,5 см

Вопросы!



Фокусным расстоянием называется такое расстояние, на котором пересекаются лучи, параллельные главной оптической оси линзы, или их продолжения.



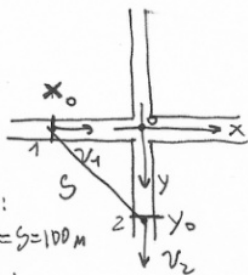
Оптической силой называется отношение $\frac{1}{F}$ ($D = \frac{1}{F}$)

В более общем случае, когда ^{фокус} линзы находится в среде с показателем преломления n_1 , $D_1 = \frac{n_1}{F_1}$

ЧЕРНОВИК

стр. 5

1.2.1.



$t=0:$
 $\min L = S = 100 \text{ м}$
 $T = 10 \text{ с}$
 $L(t) = 2S$
 $v_2 = 36 \text{ км/ч}$

$v_1 = ?$

Положим ось Ox и Oy вдоль траектории движения

Тогда $x(t) = x_0 + v_1 t$ — геометрия 1-го автомобиля

$y(t) = y_0 + v_2 t$ — геометрия 2-го

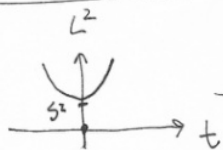
По теореме Пифагора $L^2(t) = x^2(t) + y^2(t)$

при $t=0$ $L(0) = S$

$\Rightarrow S^2 = x_0^2 + y_0^2$

$L^2(t) = x_0^2 + 2x_0 v_1 t + v_1^2 t^2 + y_0^2 + 2y_0 v_2 t + v_2^2 t^2 =$
 $= t^2(v_1^2 + v_2^2) + t \cdot 2(x_0 v_1 + y_0 v_2) + S^2$

$\frac{H}{M}$



$V = 0,1 \text{ м}^3$



$\frac{K_1}{K_2}$

$2 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль}$
 $0,05 \text{ моль} \quad 0,05 \text{ моль}$

$v_1 = 0,05$

$f = \frac{\text{Прода}}{\text{Плн.}}$

$$\begin{array}{r} 72 \\ \times 293 \\ \hline 1879 \\ + 2344 \\ \hline 243483 \end{array}$$

$\frac{8,31 \cdot 293}{4660} = \frac{2434,83}{4660}$

$$\begin{array}{r} 710 \\ \times 4660 \\ \hline 398000 \\ + 10368 \\ \hline 243483 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2434,83 \\ - 23300 \\ \hline 10480 \\ - 9320 \\ \hline 11600 \\ - 9320 \\ \hline 22800 \end{array} \quad \begin{array}{l} 4660 \\ 0,5224 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7910 \\ 4000 \\ - 2779 \\ \hline 12210 \\ - 11116 \\ \hline 10940 \\ - 8337 \\ \hline 26030 \end{array} \quad \begin{array}{l} 2779 \\ 0,1439 \end{array}$$

$K = \frac{(10^{-6} \text{ кВт})^2}{2}$

$4\pi^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 1,43^3 + \frac{10^{-12} \cdot 8}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} =$

$4\pi^2 \cdot \frac{1,43^2}{10^2} + \frac{4}{\pi \cdot 8,85} \approx$

$4 \cdot 3,14^2 \cdot \frac{1,43^2}{100} + \frac{4}{3,14 \cdot 8,85} \approx$

$\approx 4 \cdot \frac{9,86 \cdot 2,16}{100} + \frac{4}{27,79}$

$\frac{4 \cdot 21,2}{100} + \frac{4}{27,79} = 4 \left(\frac{21,2 \cdot 27,79 + 100}{2779} \right)$

$4(0,212 + 0,144) = 4 \cdot 0,356$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 3,14 \\ \hline 1256 \\ + 314 \\ \hline 98596 \\ + 153 \\ \hline 98596 \\ \times 9,86 \\ \hline 216 \\ + 5916 \\ \hline 1972 \\ + 886 \\ \hline 211276 \end{array} \quad \begin{array}{r} 314 \\ \times 1,43 \\ \hline 1029 \\ + 1177 \\ \hline 1588 \\ + 117 \\ \hline 21609 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 356 \\ \hline 1424 \end{array}$$

НЕФХОДНО

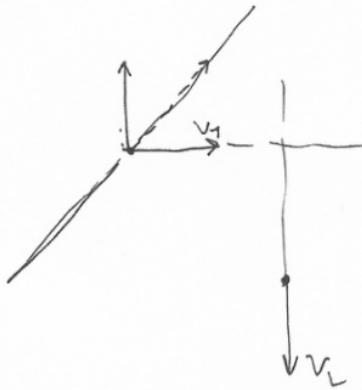
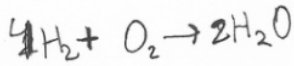
(стр. 6)

$$\frac{1}{(L-\Delta x)^2} = \frac{1}{L^2(1-\frac{\Delta x}{L})^2} = \frac{1}{L^2} (1+\frac{-\Delta x}{L})^{-2} \approx \frac{1}{L^2} (1+\frac{2\Delta x}{L})$$

$$1+(-2) \cdot \frac{-\Delta x}{L}$$

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

$$\frac{H}{M \cdot \kappa^2} = \frac{M \cdot \kappa}{M \cdot \kappa} = \frac{1}{\kappa}$$



$$10c = 10c \cdot \frac{1}{360} \text{ км/ч}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,41 \\ 1,41 \\ \hline 1564 \\ \hline 1410 \\ \hline 14100 \\ \hline 141000 \\ \hline 1410000 \\ \hline 14100000 \\ \hline 141000000 \\ \hline 1410000000 \end{array}$$

$$30^2 \cdot 10^2 \cdot 10^2$$

$$\bar{U} = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

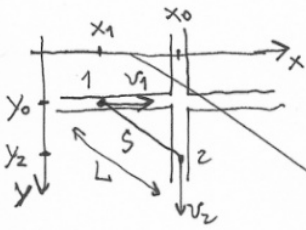
$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 1,41 \\ \hline 846 \\ \hline 1410 \\ \hline 14100 \\ \hline 141000 \\ \hline 1410000 \\ \hline 14100000 \\ \hline 141000000 \end{array}$$

мерой $\sqrt{\text{неприменяемая теория с точностью}}$

$$\begin{aligned} & \frac{10^{-12}}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{12} \cdot 0,95^3} - \pi^2 \cdot 1,47^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = \\ & = \frac{8}{2\pi \cdot 8,85} - \pi^2 \cdot 1,47^2 \cdot \frac{10}{10^3} = \frac{4}{\pi \cdot 8,85} - \frac{\pi^2 \cdot 1,47^2 \cdot 10^{-4}}{10^2} = \\ & = \end{aligned}$$

КЕРНОВАК 1 гр. 7

1.2.1.



$$v_2 = 36 \text{ км/ч}$$

$$\min L = S = 100 \text{ м}$$

$$t = 10 \text{ с}; L(t) = 2S$$

$$v_1 = ?$$

Пусть расстояние между автомобилями ~~за~~ задается функцией

$$L(t). \text{ По теореме Пифагора } L^2(t) = (x_t - x_0)^2 + (y_t - y_0)^2$$

$$x_t = x_1 + v_1 t \text{ — генеральное перемещение автомобиля}$$

$$y_t = y_2$$