



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Петрин Антон Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **89**

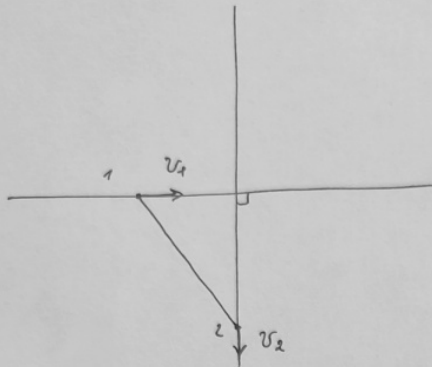
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9661545

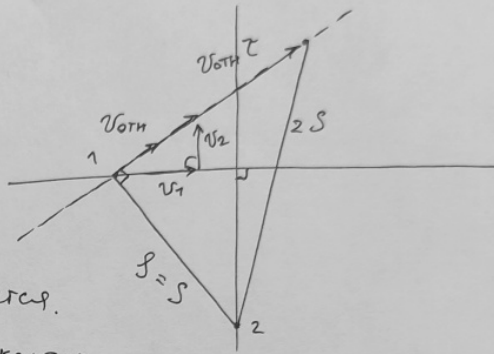
	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	10	15	89
Вопрос	9	7	10	8	

Чистовик ~~ИИИ~~

Лист 1

У 1

1) Перейдём в СО, связанную со второй машиной.



2) В этой СО машина 2

стоит, а машина 1 движется.

т.к. $S_{\text{дв}} = S \sin \alpha$ то $S \perp$ проекции

движения первой машины. $S = S$. машина 1 движется

прямолинейно

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{0TH} + \vec{v}_2$$

3) По теореме Пифагора:

$$\cdot 4S^2 = S^2 + v_{0TH}^2 \tau^2 \Rightarrow v_{0TH} \tau = S\sqrt{3} \Rightarrow v_{0TH} = \frac{S\sqrt{3}}{\tau}$$

$$\cdot v_{0TH}^2 = v_1^2 + v_2^2 \Rightarrow \frac{3S^2}{\tau^2} = v_1^2 + v_2^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2} = \sqrt{3 \cdot \frac{10000 \text{ м}^2}{100 \text{ с}^2} - 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \sqrt{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} =$$

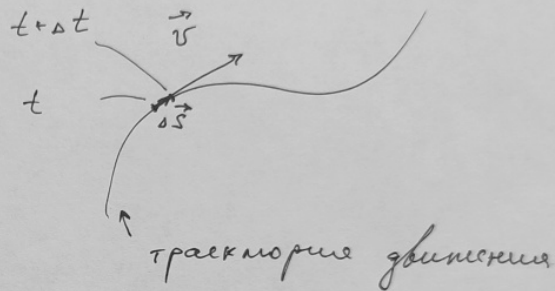
$$= 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 50,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: $v_1 \approx 50,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

№1Вопросы:

- Скорость \vec{v} - векторная физическая величина, равная пределу отношения ^{вектора} $\vec{\Delta S}$ маленького перемещения к малому времени, за которое это перемещение произошло.

$$\vec{v} = \frac{\vec{\Delta S}}{\Delta t}; \Delta t \rightarrow 0$$

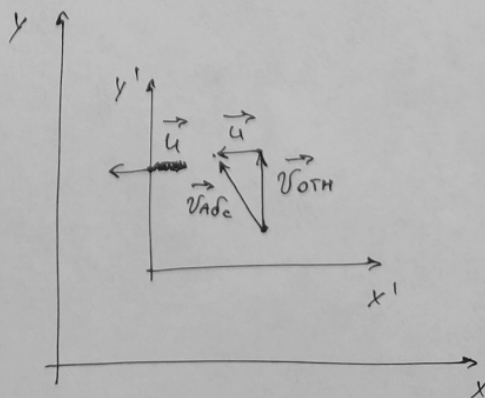


- Закон сложения скоростей:

Вектор скорости ^{ТЕЛА} \vec{v} в лабораторной системе отсчёта равен сумме векторов скорости системы отсчёта, относительно лабораторной ~~системы~~ системы отсчёта, и скорости тела относительно данной системы отсчёта.

$$\vec{v}_{АБС} = \vec{v}_{ОТН} + \vec{v}_{Тер}$$

$$\vec{v}_{АБС} = \vec{v}_{ОТН} + \vec{u}$$



Дано:

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$\nu_1 = 0,05 \text{ моль}$$

$$\nu_2 = 1 \text{ моль}$$

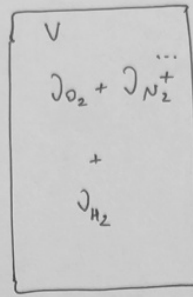
$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_H = 2330 \text{ Па}$$

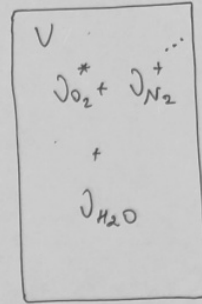
$$f = ?$$

Чистовик

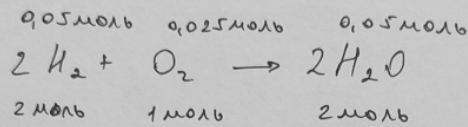
ш 2



лист 3



1)



В результате сгорания водорода получилось $\nu_{H_2O} = 0,05$ моль воды, которая переходит в пар.

2) Проверим, не выпадет ли роса:

$$p_r \cdot V = \nu_{H_2O} \cdot R T \rightarrow p_r = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot \frac{8,31 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}}{0,1 \text{ м}^3} \approx 1216 \text{ Па} < p_H$$

$p_r < p_{\text{насыщ.}} \Rightarrow$ росы не будет, пар ненасыщенный.

$$\Rightarrow f = \frac{p_r}{p_H} \cdot 100\% = \frac{1216 \text{ Па}}{2330 \text{ Па}} \cdot 100\% \approx 54\%$$

Ответ: $f \approx 54\%$.

w2Вопросы:

- Виды парообразования:
 - испарение
 - кипение

• Удельная теплота парообразования - скалярная физическая величина, равная отношению теплоты Q , необходимой для испарения 1 кг данного вещества, к $m = 1$ кг. Показывает сколько теплоты нужно подвести / отвести, чтобы испарил~~ся~~/сконденсировался 1 кг данного вещества.

$$\lambda = \frac{Q}{m}; \quad \text{СИ} = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$$

Числовик

Лист 5

у3

Дано:

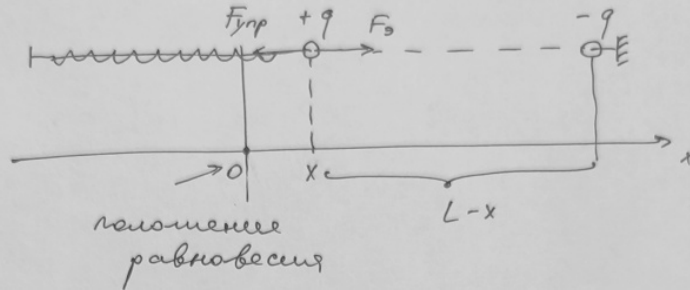
$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$m = 10 \text{ г}$$

$$L = 50 \text{ см}$$

$$f = 1,47 \text{ Гц}$$

$$k_n = ?$$



1) Запишем II Закон Ньютона в произвольный момент времени для шарика на пружинке:

$$\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_3 = m\vec{a}$$

$$0x: -k_n(x_0 + x) + \frac{kq^2}{(L-x)^2} = ma_x$$

$$2) k_n x_0 = \frac{kq^2}{L^2} \Rightarrow x - \text{малая величина} \Rightarrow$$

$$\frac{kq^2}{L^2 - 2Lx} - k_n x_0 - kx = ma_x; \quad x - \text{малая величина} \Rightarrow$$

$2Lx \ll L \Rightarrow 2Lx$ можно пренебречь

$$\frac{kq^2}{L^2} - k_n x_0 - kx = ma_x$$

$$\ddot{x} + \left(\frac{k}{m}\right)x = 0 \quad - \text{уравнение гармонических колебаний}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f = \frac{v}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{k_0}}{2\pi\sqrt{m}} \Rightarrow k_0 = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot m =$$

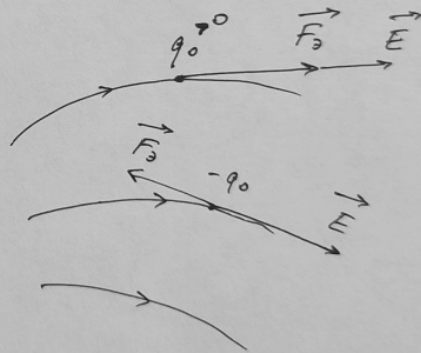
$$= 4 \cdot \pi^2 \cdot 1,47^2 \text{ Гц}^2 \cdot 0,01 \text{ кг} \approx 0,85 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: $k_0 = k \approx 0,85 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Вопросы:

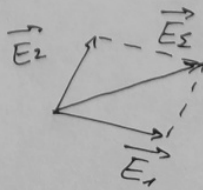
• Напряжённость электрического поля \vec{E} - векторная физическая величина, являющаяся характеристикой ~~поля~~ электрического поля в данной точке. Равна отношению силы \vec{F}_0 , действующей на пробный заряд q_0 , к величине этого заряда

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$



• Принцип суперпозиции электрических полей: Вектор суммарной напряжённости нескольких полей в данной точке равен сумме векторов напряжённости данных полей в данной точке.

$$\vec{E}_\Sigma = \sum_i \vec{E}_i$$



Чистовик №4

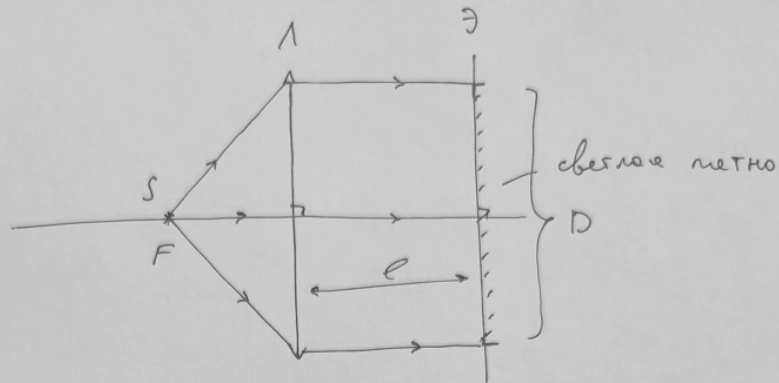
Лист 7

Дано:

$D = 5 \text{ см}$

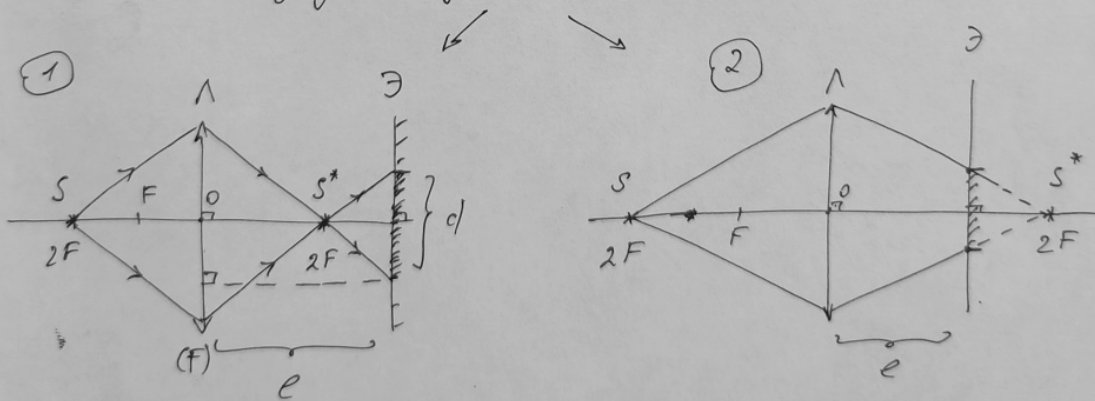
$d = 3 \text{ см}$

$l = 8 \text{ см}$

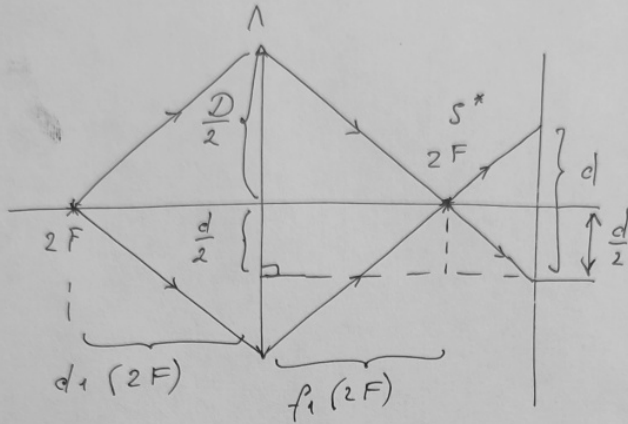


1) Т.к. точечный источник S находится в фокусе собирающей линзы, из линзы выходит параллельный пучок света. ~~Диаметр такого пучка~~ Диаметр такого пучка - D
 \Rightarrow диаметр линзы тоже D .

2) Когда источник переместим в двойной фокус, на экране появится пятно диаметром d . Это возможно в двух случаях.



3) Рассмотрим (1) случай:



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = 2F. \text{ Изображение } S^* \text{ - действительное,}$$

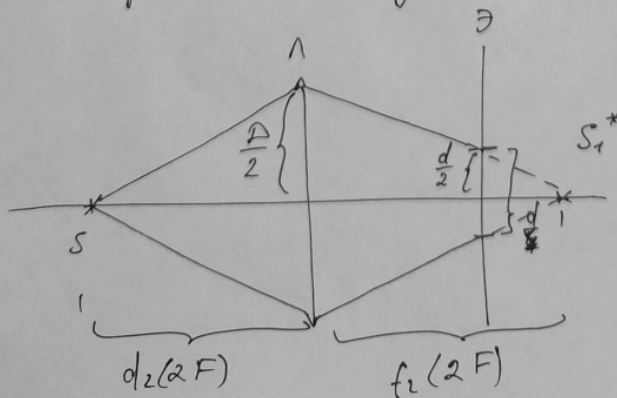
перевернутое,
в натуральную
величину.

Из подобия треугольников:

$$\frac{D}{(D+d)} = \frac{2F}{e} \Rightarrow F = \frac{1}{2} \cdot \frac{D \cdot e}{(D+d)} = 2,5 \text{ см}$$

$$F = 2,5 \text{ см}$$

4) Рассмотрим (2) случай:



$$f_2 = 2F$$

Чистовик

Мст 9

Из подобия треугольников:

$$\frac{d}{D} = \frac{2F-d}{2F} \rightarrow 2dF = 2FD - Dd$$

$$2F(D-d) = Dd$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{Dd}{D-d} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5\text{ см} \cdot 8\text{ см}}{5\text{ см} - 3\text{ см}} = 10\text{ см}$$

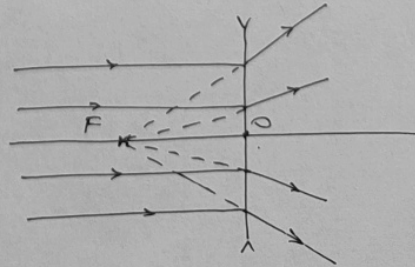
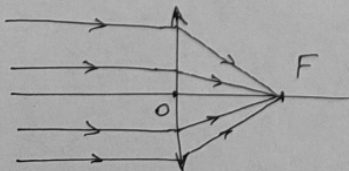
$$F = 10\text{ см}$$

Ответ: ① случай $F = 2,5\text{ см}$

② случай $F = 10\text{ см}$.

Вопросы:

- Фокусное расстояние — расстояние от плоскости линзы до точки, в которой собираются лучи, если посветить на собирающую линзу параллельными пучком света, или в которой собираются продолжения лучей; если посветить параллельными пучком света на рассеивающую линзу.



нчВопрос 2:

• Оптическая сила линзы - скалярная физическая величина, характеризующая линзу, равная $\pm \frac{1}{F}$.

"⁺" - если линза собирающая

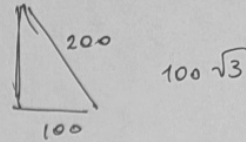
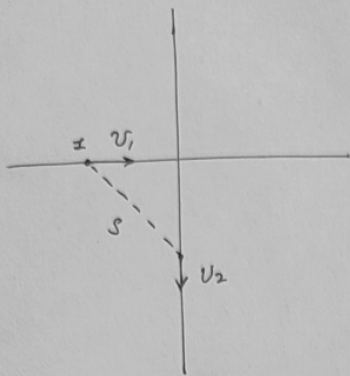
"⁻" если линза рассеивающая.

$$D = \pm \frac{1}{F}; \quad \square \text{ СИ} = [\text{Дптр}].$$

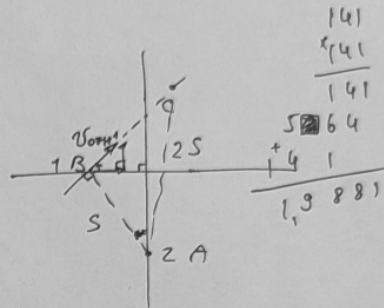
Лист 11

Черновик

$40000 - 10000 = 30000$



перейдем в СО, связ. с 2 машинкой



30000

По теореме Пифагора

1) В этой СО машинка стоит на месте, другая движется.

т.к. $S = S_{min}$ то $S = S \Rightarrow \angle ABC = 90^\circ$

2) $\tan \alpha = \frac{v_{отн} \cdot \tau}{S} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{v_2}{v_1}$

$4S^2 = S^2 + v_{отн}^2 \tau^2$

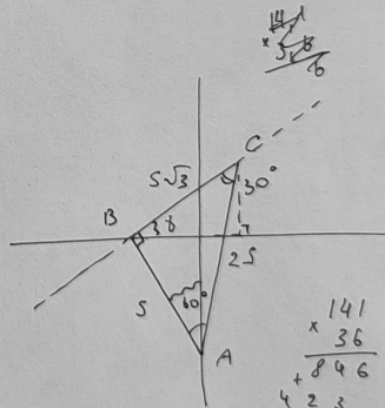
$3S^2 = v_{отн}^2 \tau^2$

$v_{отн} \tau = S\sqrt{3}$

3) $v_1 = \frac{v_2}{\sqrt{3}}$

2) $S^2 + v_{отн}^2 \tau^2 = 4S^2$

$v_{отн} \tau = S\sqrt{3}$



$\frac{3 \cdot 10^4}{10^2} = 300$

$\tan \gamma = \frac{v_2}{v_1} = \frac{36 \cdot 0,95}{3600} = 10 \frac{м}{с}$

$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2$

$v_{отн} \tau = S\sqrt{3} \Rightarrow \frac{36^2}{\tau^2} = v_1^2 + v_2^2$

$\frac{3 \cdot 10000 \frac{м^2}{с^2}}{100 \frac{м^2}{с^2}} = 100 \frac{м^2}{с^2}$

Скорость - величина характеризующая путь пройденной телом за опред. время.

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

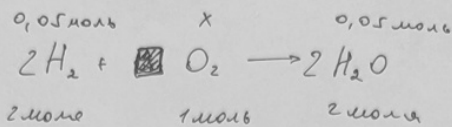
$v_{абс} = v_{отн} + v_2$



Лист 12

N2

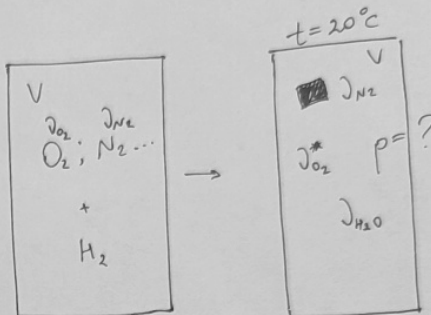
Черковник



$$x = 0,0 \square 25 \text{ моль} = \frac{5}{200} \text{ моль}$$

$$V \cdot p_H = \sum n_{H_2O} RT$$

$$V = \frac{5 \cdot 293 \cdot 8,31}{2330 \cdot 200} =$$



$$p_H \cdot V = \frac{m}{M} RT$$

Изменили кол-ва
сухого воздуха можно
пренебречь

$$p_r \cdot V = \sum n_{H_2O} \cdot RT$$

$$p_r = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 121,595 \quad 4,15 \cdot 293 =$$

$$\begin{array}{r}
 12160 \\
 -11650 \\
 \hline
 5100 \\
 -4660 \\
 \hline
 4400
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 2330 \\
 \hline
 0,541
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 9,86 \\
 \times 4 \\
 \hline
 39,44 \\
 \approx 39,44
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 1,47 \\
 \times 1,47 \\
 \hline
 1029 \\
 + 581 \\
 \hline
 197 \\
 + 197 \\
 \hline
 2,1609
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 293 \\
 \times 415 \\
 \hline
 1465 \\
 + 293 \\
 \hline
 1172 \\
 \hline
 1215,95
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 12,2 \cdot 10^3 \\
 \hline
 466 \cdot 10^5
 \end{array}$$

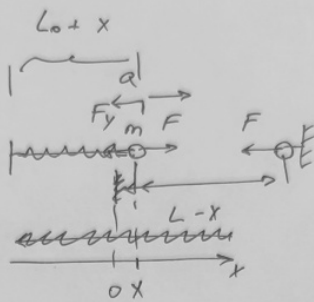
$$\begin{array}{r}
 41 \\
 293 \\
 \times 415 \\
 \hline
 1465 \\
 + 293 \\
 \hline
 1172 \\
 \hline
 1215,95
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 233 \\
 \times 5 \\
 \hline
 1165
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 522 \\
 39,44 \\
 \times 216 \\
 \hline
 23664 \\
 + 3944 \\
 \hline
 7888 \\
 \hline
 2,16851804 \\
 \approx 85,2
 \end{array}$$

Лист 13

Черновик
№3

23H две шарика
в произвольной момент



$$\begin{array}{r} 53 \\ 8,64 \\ \times 986 \\ \hline 5184 \\ 6912 \\ 7776 \\ \hline 851904 \end{array}$$

$85,2 = 0,85 \frac{H}{m}$

~~...~~

$$\frac{kq^2}{(L-x)^2} - kx = \max$$

$(L-2Lx)$ ①

$$\frac{kq^2}{mL^2} = ax + \frac{k}{m} \cdot x$$

$$x(t) = x_0 + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

~~...~~

$$x(t) = 0 - A = 0$$

$$x(t) = x_A \cdot \cos(\omega t)$$

$$\frac{kq^2}{L^2 - 2Lx} - kx = \max$$

$$kq^2 - kx(L^2 - 2Lx) = \max(L^2 - 2Lx)$$

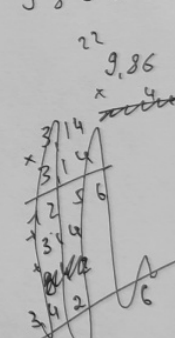
$$kq^2 - kL^2x + 2kLx^2 = \max L^2 - 2m \omega^2 x Lx$$

$$\frac{kq^2}{mL^2} - \left(\frac{k}{m}\right)x = a_x \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$J = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{k}}{2\pi \sqrt{m}}$$

$$\sqrt{k} = J \cdot 2\pi \sqrt{m} \Rightarrow k = J^2 4\pi^2 m$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ 314 \\ + 1256 \\ + 314 \\ \hline 342 \\ \hline 98596 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 34 \\ 1,47 \\ \times 1,47 \\ \hline 1029 \\ + 88 \\ \hline 147 \\ \hline 2,1609 \end{array} \quad F = \frac{2\bar{u}}{\omega}$$

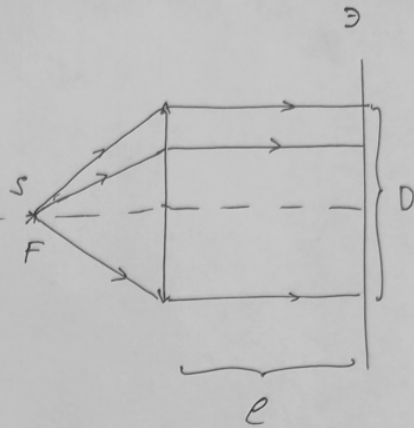
$\approx 2,16$

$L^2 - 2Lx + x^2 = 0$

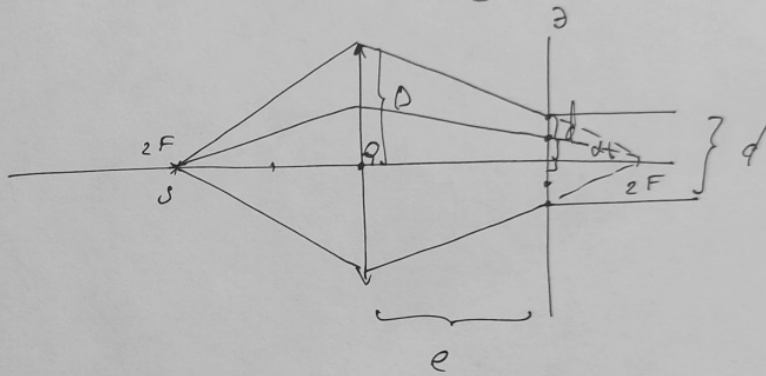
Лист 14

Чертежи №4

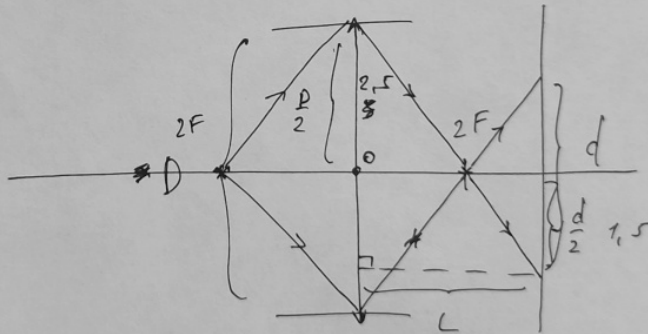
1) Т.к. предмет. ист. S находится в фокусе собир. линзы, то лучи вых. \parallel лучу света



1) Случай 1



2) Случай 2



2) Когда источник переместим в двойной фокус диаметр пятна стал d . Это возможно в 2х случаях.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{8} \cdot 8$$

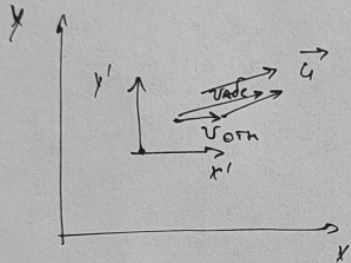
$$\frac{1}{8} \cdot \frac{5 \cdot 8^2}{5 \cdot 8} = 10$$

Лист 15Черновик

1
Скорость - ~~вектор~~ ВФВ ~~является~~ характеризующая

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

ЗСС: ~~вектор~~ вектор скорости ~~является~~ тела в этой лабораторной системе отсчета.
ИСО является суммой векторов скорости ИСО2 и относительной скорости тела в ИСО2



2) Виды преобразования :

кипение
испарение

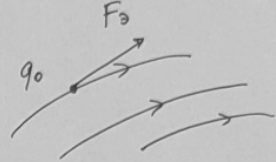
Удельная теплота парообразования - ЭСФВ равная отношению теплоты \$Q\$, нужной для испарения 1 кг вещества к \$m = 1 \text{ кг}\$.

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

Лист 16Чертовик
№3

Напряжённость поля \vec{E} - ВФВ, являющаяся характеристикой поля в данной точке. Равная отношению силы действующей на пробный заряд q_0 к величине этого заряда

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$



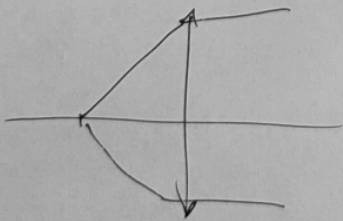
Принцип суперпозиции электрических полей.

Вектор суммарной напряж. в точке равен сумме векторов напряженностей создаваемых разными источниками.

$$\vec{E}_{\Sigma} = \sum_i \vec{E}_i$$

№4

Фокусное расстояние - расстояние от плоскости линзы до точки, в которой собираются лучи, если посветить на собирающую линзу параллельным пучком света или продолжением лучей, если посветить параллельным пучком света на


 f

Оптич. сила линзы - характеристика линзы равная $\frac{1}{f}$.

$\pm \frac{1}{f}$; "+" - если линза собирающая

"-" если

Лист 17

Зерновик ~~Зерновик~~~~Зерновик~~

Дано:

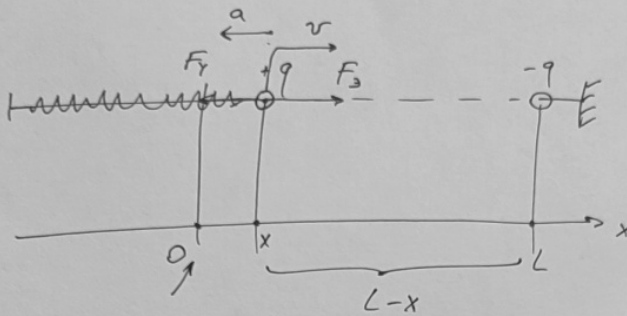
$$q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$m = 10 \text{ г}$$

$$L = 50 \text{ см}$$

$$f = 1,47 \text{ Гц}$$

$$k_n = ?$$



полюс равенств

2) Запишем II Закон Ньютона в произвольный момент времени.

$$\vec{F}_y + \vec{F}_z = m \vec{a}$$

$$Ox: -F_y + F_z = m a_x$$

$$2) \begin{cases} F_y = k_n x \\ F_z = \frac{k q^2}{(L-x)^2} \end{cases}$$

$$\frac{k q^2}{(L-x)^2} - k_n x = m \ddot{x} \quad ; \quad x \text{ - малая величина} \Rightarrow$$

$$\frac{k q^2}{L^2 - 2Lx} - k_n x = m \ddot{x} \quad ; \quad \text{т.к. } x \text{ - малая величина, то:}$$

$L^2 \gg 2Lx \Rightarrow 2Lx$ можно пренебречь

$$\frac{k q^2}{m L^2} = \ddot{x} + \left(\frac{k_n}{m} \right) x \quad - \text{ уравнение гармонических колебаний.}$$

ω^2