МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Безруков Владислав Дмитриевич**

Класс: 11

Технический балл: **86**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9663371

	1	2	3	4	$\sum$
Задача	*15*	*15*	*8*	*15*	***86***
Вопрос	*8*	*8*	*10*	*7*	

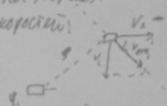
9663371

№ 1.2.1 чистовик

Дано:
$S_0 = 100$ м
$S_2 = 2S_0$
$\tau = 10$ с
$V_2 = 36 \frac{км}{ч} = \frac{36000 м}{3600 с} = \frac{10 м}{с}$
$S_0 = S_{min}$
$V_1 - ?$

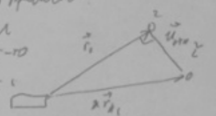
Решение:

1) Рассмотрим движение относительно автомобиля V_1 (показано на рисунке):



по Закону сложения скоростей:
$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$
т.к. $V_2 \perp V_1$, то $|\vec{V}_{отн}| = \sqrt{V_2^2 + V_1^2}$
$V_{отн} = const$, т.к. V_2 и V_1 - не меняются, т.е. тело движется по прямой.

Рассмотрим Δ перемещений



$\vec{r}_0$ — радиус-вектор, равный расст-ю между телами и соединяющий их. Тогда $|\vec{r}_0| = S_0$, $|\vec{r}_k| = 2S_0$, причем $\vec{r}_1 \perp \vec{V}_{отн}$ т.к. по условию r_0 — наим. расстояние до тела 2, т.е. наименьшее расстояние до прямой, по которой тело движется, т.е. перпендикуляр.

Тогда
$$S_0^2 + (U_{отн}\tau)^2 = 4S_0^2$$
$$V_2^2\tau^2 + V_1^2\tau^2 = 3S_0^2$$
$$100\frac{м^2}{с^2} + V_1^2 = 300\frac{м^2}{с^2} \quad V_1 = 10\sqrt{2}\frac{м}{с}$$

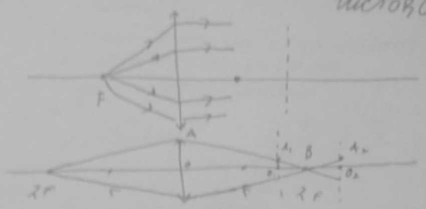
Ответ: $V_1 = 10\sqrt{2}\frac{м}{с}$

Вопросы 1: Скорость — векторная физ величина, характеризующая изменение положения тела в пространстве, и равная отношению вектора перемещения $\Delta\vec{r}$ тела ко времени Δt, в течение которого произошло перемещение. Иначе: производная перемещения по времени:
$$\vec{u} = \dot{\vec{r}} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Закон сложения скоростей: скорость тела A относительно тела B равна разности между векторами скорости тела A и тела B, т.е. $\vec{U}_{отн} = \vec{U}_A - \vec{U}_{перен}$ относительная скорость равна собственной скорости тела минус переносная скорость системы отсчета.

№4.1.1 Чистовик

Дано:
линза
$L=8$ см
$D=5$ см
$d=3$ см
$F-?$



Реш-е:

1) Если лучи исходят из фокуса линзы, то при прохождении через линзу они становятся параллельными главной опт оси. Тогда диаметр линзы равен диаметру изображения на экране: D

2) Найдем, в какой точке пересекутся лучи во 2-м случае. по формуле тонкой линзы имеем: $\frac{1}{2F}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F} \Leftrightarrow b=2F$

Рассмотрим 2 случая: а) экран за двойным фокусом: тогда $\triangle AOB \sim \triangle A_2O_2B$ и $\frac{BO_2}{BO}=\frac{A_2O_2}{AO}=\frac{d}{D}$ $BO_2=L-2F$
$BO=2F$, т.е.

$\frac{1}{F}=\frac{4}{10} \Leftrightarrow \frac{4}{F}=0{,}6+1 \Leftrightarrow \frac{L-2F}{2F}=\frac{d}{D}$

$F=2{,}5$ см

б): если экран - перед 2F, то $\triangle AOB \sim \triangle A_1O_1B$ тогда аналогично:

$\frac{2F-L}{2F}=\frac{d}{D} \Leftrightarrow 1-\frac{L}{2F}=0{,}6$ $\frac{L}{2F}=0{,}8$ ~~=>~~, $F=10$ см

Ответ: ~~если~~ $F=10$ см, или $F=2{,}5$ см.

Вопросы: Фокусное расстояние: расстояние от центра линзы до ее фокуса: точки, в которой пересекаются лучи, параллельные ее главной оптической оси. Оптическая сила - величина, характеризующая линзу и равная числу, обратному фокусному расст-ю данной линзы:

$D=\frac{1}{F}$ $[D]=\frac{1}{\text{см}}=1$ Дптр (Диоптрия)

2

№3.8.2

Дано: $L = 50$ см $= 0{,}5$ м

$m = 10$ г $= 0{,}01$ кг

$q_1 = q = 10^{-6}$ Кл

$q_2 = -q$

$f = 1{,}47$ Гц

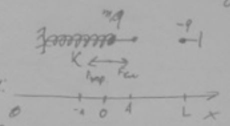
$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$

$(1+x)^2 = 1 + 2x$ при $x \ll 1$

Реш-е:

чистовик

1) Выберем ось Ox как показано на рисунке:



2) Рассмотрим силы, действующие на шарик:

$\vec{F}_{упр} = -k(\Delta x_0 + x)$, где Δx_0 – начальное удлинение

$\vec{F}_{эл} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$; т.к. x – малая, то $F_{эл} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L^2 - 2Lx}$

в начальном положении равновесия $\vec{F}_{упр} = -\vec{F}_{эл}$ и в проекции на Ox: $F_{упр_x} + F_{эл_x} = 0$ $\quad k\Delta x_0 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L^2}$

3) Т.к. колебания – гармонические, то их можно записать в виде: $x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ (где A – амплитуда), тогда a_{max} ~~= A~~ ускорение в крайнем правом положении равно: $a = -A \cdot \omega^2$, но по II з.Н. $m\vec{a} = \vec{F}_{эл} + \vec{F}_{упр}$, тогда, записав это ур-е в проекции на ось Ox получим: $-m \cdot A\omega^2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{L^2 - 2LA} - k \cdot (\Delta x_0 + A)$ с учетом пункта 2):

$m A \cdot \omega^2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L^2} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L^2 - 2LA} + k \cdot A \Leftrightarrow m \cdot \omega^2 A = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L \cdot (L-2A)} \cdot 2A + k \cdot A$

$m \cdot \omega^2 - \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L (L-2A)} = k \; (*)$

4) С учетом того, что A – малая величина, уравнение примет вид: $k = m \cdot \omega^2 - \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2}$ $\quad \omega = 2\pi \cdot f$

$k = 0{,}01 кг \cdot 4\pi^2 \cdot (1{,}47 Гц)^2 - \frac{(10^{-6} Кл)^2}{2\pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} (0{,}5)^2} \approx$

$\approx 77 \frac{Н}{м}$

Ответ: $k \approx 77 \frac{Н}{м}$

Вопрос:

Напряженность эл. поля – векторная физ. величина, равная силе, с которой действует один заряд на другой (пробный), деленной на пробный заряд.

$|\vec{E}| = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ ~~ед. напряженности~~ $[E] = \left[\frac{В}{м}\right] = \left[\frac{Вольт}{метр}\right]$ ~~принцип суперпозиции напряженностей:~~

3

9663371

чистовик.

чистовик!

принцип суперпозиции напряженностей: напряженность в данной точке равна векторной сумме напряженностей, создаваемой всеми зарядами системы в данной точке.

№2.8.1

Дано:

$V = 0{,}1\,м^3$

$\nu_1 = 0{,}05\,моль$

$\nu_2 = 1\,моль$

$t = 20^\circ C = 293K$

$P_н = 2330\,Па$

$R = 8{,}31\,\frac{Дж}{моль \cdot K}$

$f - ?$

Решение.

Весь водород будет в ходе окисления превращен в воду, т.е. в емкости будет находится 0,05 моль воды при температуре в 293К.

Найдем парциальное давление водяного пара: из уравнения Менделеева-Клапейрона: $P_в V = \nu_1 R T$

$P_в = \frac{\nu_1 R T}{V}$ $\quad f = \frac{P_в}{P_н} \cdot 100\% = \frac{\nu_1 R T}{P_н V} \cdot 100\% = \cancel{\frac{0{,}05 \cdot 8{,}31 \cdot 293}{2330 \cdot 0{,}1}} =$

$= \frac{0{,}05\,моль \cdot 8{,}31\,\frac{Дж}{моль K} \cdot 293K}{2330\,Па \cdot 0{,}1\,м^3} \cdot 100\% = \frac{2434{,}83}{2 \cdot 2330} \cdot 100\% \approx 50\%$

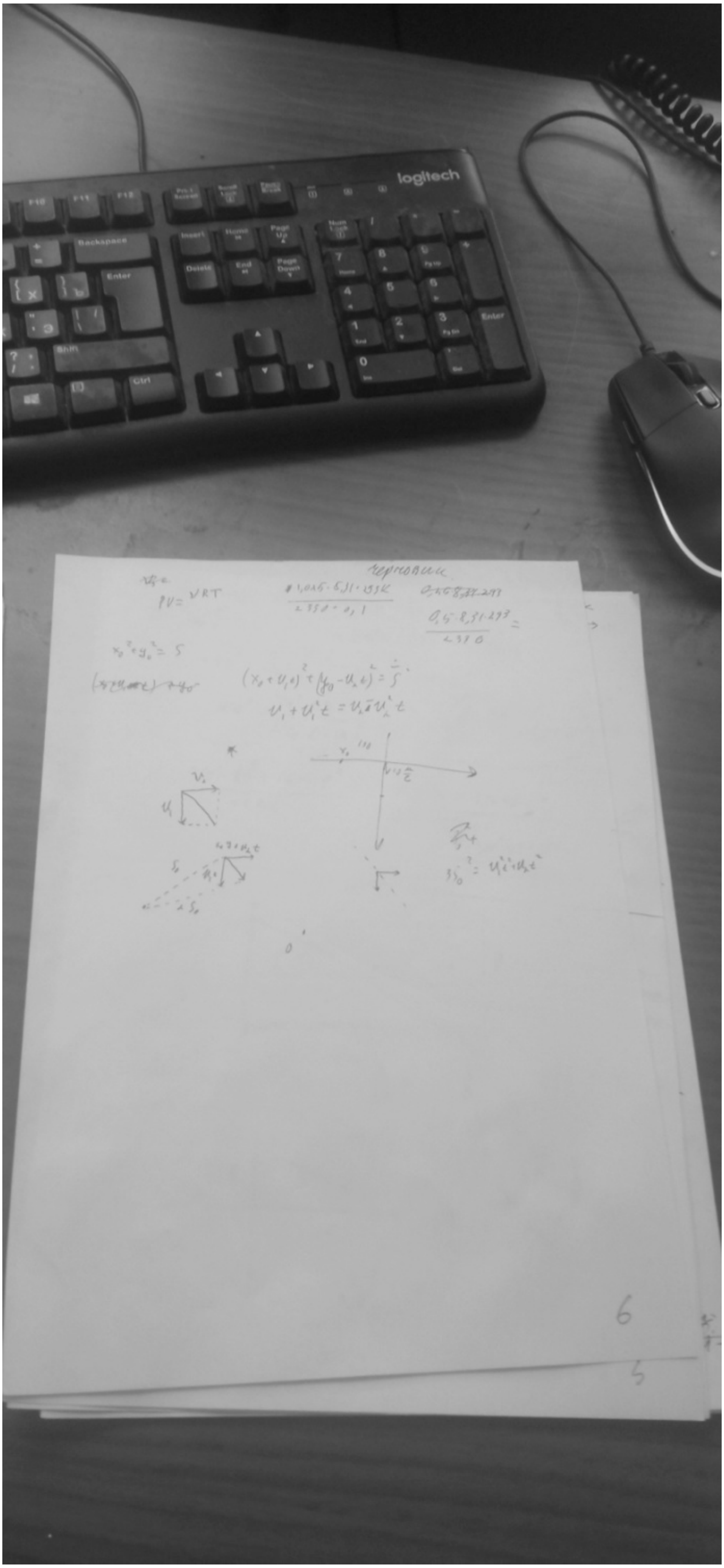
Ответ: $f \approx 50\%$

Вопросы: Виды парообразования: испарение: парообразование из-за высокой скорости молекул вблизи раздела жидкости и газа ~~(…)~~. кипение: парообразование, происходящее из нагрева жидкости целиком.

Удельная теплота парообразования: скалярная физ величина, характеризующая возможность жидкости переходить из жидкого состояния в газообразное и равное отношению подведенной к жидкости теплоты к массе испаренной жидкости: $r = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$ $\quad [r] = 1\,\frac{Дж}{кг}$

4

9663371



Черновик

№1 Вопрос: скорость – векторная физическая величина, равная
отношению вектора перемещения тела ко времени, в течение кото-
рого перемещение происходило; также производная вектора переме-
щения по времени. $\vec{v} = \dot{\vec{r}} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. $[v] = \frac{1 \text{ метр}}{\text{секунду}}$.

Закон сложения скоростей:

1.21

Дано:

$S_{\min} = 100$ м

$S_1 = 2S_0$

$\tau = 10$ с

$V_2 = 36\frac{км}{ч} = \frac{36000 м}{3600 с} = 10\frac{м}{с}$

V_1 - ?

Черновик $x_1 = x_0 - x_n$

$x_0^2 + y_0^2 = S^2$ $x_1 = x_0 + V_1 t$

$y_1 = y_0 + V_2 t$

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

$(x_0 + V_1 t)^2 + (y_0 - V_2 t)^2 = 4S^2$

$x_0^2 + 2V_1 x_0 t + (V_1 t)^2 + y_0^2 - 2y_0 V_2 t + (V_2 t)^2 = 4S^2$

$2V_1^2 t + (V_1 x_0 - V_2 y_0) = 3S^2$

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

$(x_0 + \Delta x)^2 + (y_0 + \Delta y)^2 = 4S^2$

$(\Delta x)^2 + 2x_0 \Delta x + \Delta y^2 + 2y_0 \Delta y = 3S^2$

$x_0^2 + y_0^2 = 10000$

V_1^2

$V_{отн} \cdot \tau = 3S$

$\sqrt{V_1^2 + V_2^2} = 100$

$V_{отн}$ V_2 V_1

$100 + V_1^2 = 90000$

$V_1 = \sqrt{89990}$

$\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$

$S^2 = (x_0 + \Delta x)^2 + (y_0 + \Delta y)^2$

$S^2 = x_0^2 + y_0^2 + 2x_0 \Delta x + 2y_0 \Delta y + \Delta x^2 + \Delta y^2$

$(S^2)' = 2x_0 \Delta \dot{x} + 2y_0 \Delta \dot{y} + 2\Delta x^2 + 2\Delta y^2 = 0$

$2x_0 U_1 + 2y_0 U_2 + 2V_1^2 t + 2V_2^2 t = 0$

$\Delta x^2 + \Delta y^2 = S^2$

$V_1^2 + V_2^2 = 100 \frac{м^2}{с^2}$

Δx

$x_0^2 + y_0^2 = S$

$(x_0 + \Delta x)^2 + (y_0 + \Delta y)^2 = 4S^2$

$U_1 x_0 = U_2 y_0$

$\Delta x x_0 = \Delta y y_0$

$(x_0 + U_1 t)^2 + (y_0 + U_2 t)^2 = S^2$

Δy

$\frac{U_1 x_0 + U_2 y_0}{U_1 + U_2}$

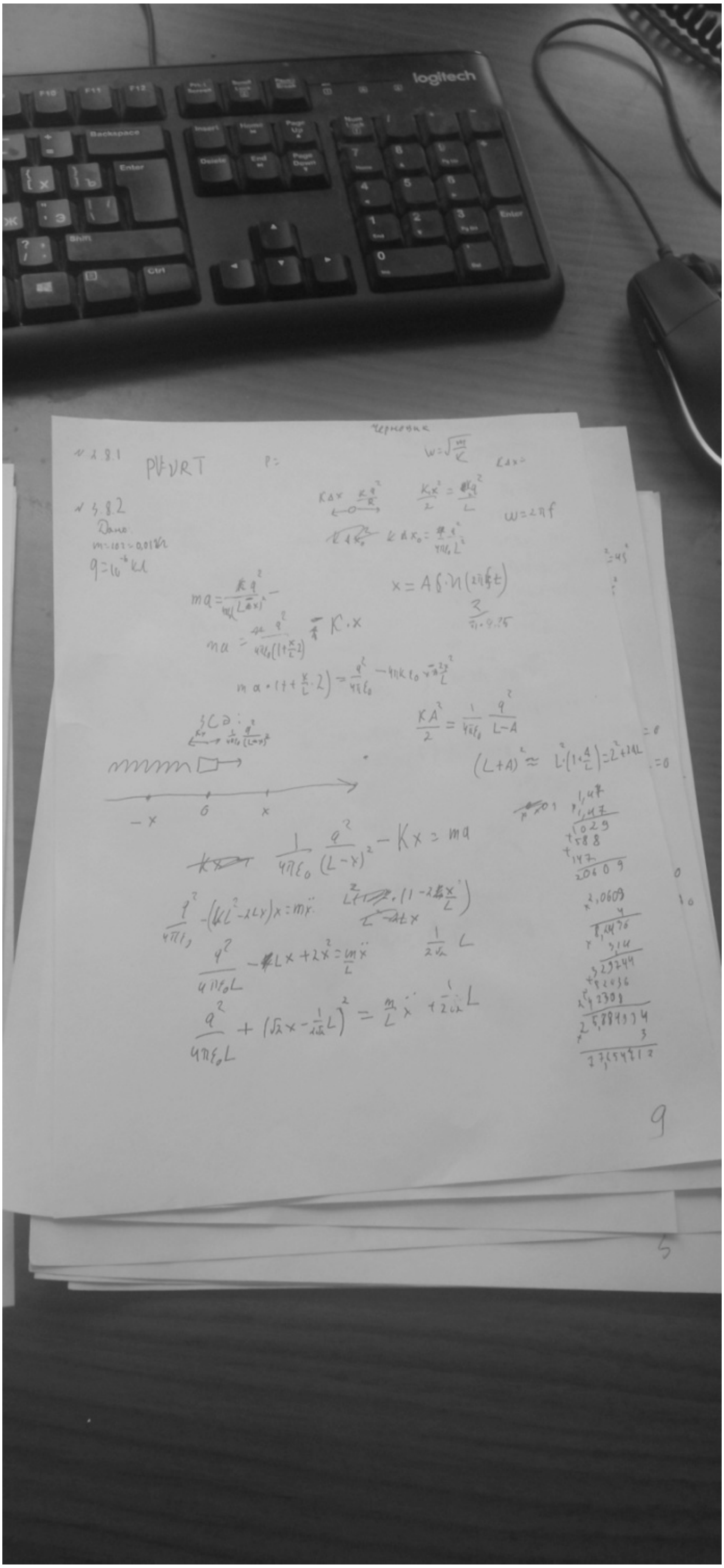
$2x_0 +$

$U_1 t^2 + U_2 t^2 + 2(U_1 x_0 + U_2 x_0) t$

$\Delta x^2 + \Delta y^2 = 3S^2$

8

5


logitech
черновик
PV=νRT
№ 3.8.2
Дано:

$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ $\quad \ddot{x} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = a_{max} = -A\omega^2$

Zeρrez Beck

$K \Delta x_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{L^2}$

$$m \cdot A \cdot \omega^2 = K(A + \Delta x_0) - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L^2 + 2AL}$$

$$m A \omega^2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{L^2} - \frac{1}{L^2 + 2AL} \right) + KA$$

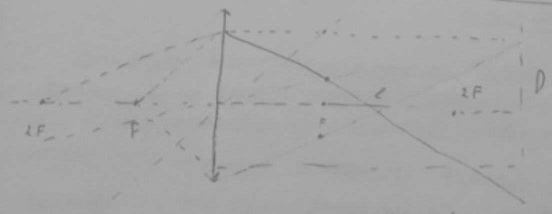
$$m \omega^2 = \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{L + 2A} + K$$

$$K = m\omega^2 - \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 (L + 2A)}$$

$$K = \frac{0{,}001 \cdot 8\pi^3 \cdot f \cdot L_5 - q^2}{2\pi\varepsilon_0 L}$$

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

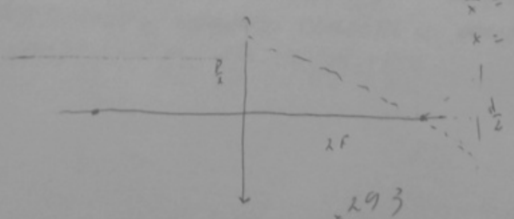
№ 4.11



$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$$

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

$$x = 2F$$



$$\frac{L - 2F}{D/2} = \frac{4F}{D}$$

$$\begin{array}{r} 293 \\ \times 831 \\ \hline 293 \\ +879 \\ 2344 \\ \hline 243483 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 293 \\ \times 8{,}31 \\ \hline 293 \\ +879 \\ 8 \end{array}$$

5