



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Макрушина Мария Алексеевна**

Класс: 11

Технический балл: **93**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

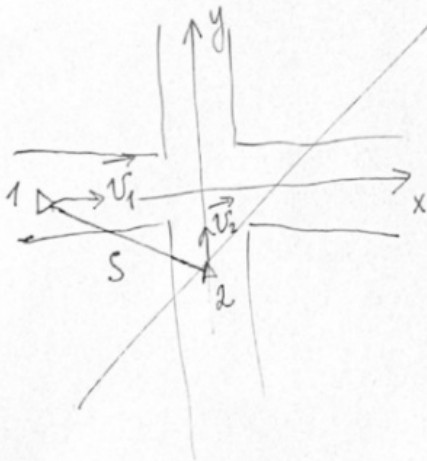
ШИФР РАБОТЫ 9110258

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	15	15	93
Вопрос	8	8	8	9	

№ 1

Чистовик

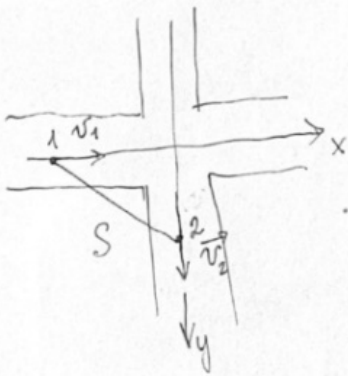
1 стр.



Пусть координата первого - x_0 ;
начал. координата второго - y_0 ;
 $x_0^2 + y_0^2 = S^2$

Законы движения:
 $x_1(t) = -x_0$

Выберем начальный момент, когда расстояние минимально.



Пусть начальная координата первого: x_0
нач. коорд-та 2-го y_0
 $x_0^2 + y_0^2 = S^2$

$$y_0 = \sqrt{S^2 - x_0^2} = \sqrt{10^4 - x_0^2}$$

Законы движения:

$$\begin{cases} x_1(t) = x_0 + v_1 \cdot t \\ y_2(t) = y_0 + v_2 \cdot t \end{cases}$$

спустя 10с. $\begin{cases} x_1(\tau) = x_0 + v_1 \tau \\ y_2(\tau) = \sqrt{S^2 - x_0^2} + v_2 \tau \end{cases}$
 $\tau = 10\text{с.}$

По условию расстояние удвоилось:

$$(2S)^2 = (x_0 + v_1 \cdot \tau)^2 + (\sqrt{S^2 - x_0^2} + v_2 \tau)^2$$

$$S(t)^2 = (x_0 + v_1 t)^2 + (\sqrt{S^2 - x_0^2} + v_2 t)^2 \text{ эта функция должна}$$

иметь минимум при $t=0$

Вершина параболы: $t_{\text{вер}} = \frac{-2x_0 v_1 - 2v_2 \sqrt{S^2 - x_0^2}}{2v_1^2 + 2v_2^2} = 0$

система:

$$\begin{cases} (2S)^2 = (x_0 + v_1 \tau)^2 + (\sqrt{S^2 - x_0^2} + v_2 \tau)^2 \\ -x_0 v_1 - v_2 \sqrt{S^2 - x_0^2} = 0 \Rightarrow x_0^2 v_1^2 = v_2^2 (S^2 - x_0^2) \\ x_0^2 (v_1^2 + v_2^2) = v_2^2 \cdot S^2 \\ x_0 = -\frac{v_2 S}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}} \end{cases}$$

Подставим x_0 в первое:

$$4S^2 = \frac{v_2^2 S^2}{v_1^2 + v_2^2} - \frac{2v_2 S}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}} \cdot v_1 \tau + v_1^2 \tau^2 + v_2^2 \tau^2 + 2v_2 \tau \left(\frac{-x_0 v_1}{v_2} \right) + S^2 - \frac{v_2^2 S^2}{v_1^2 + v_2^2}$$

в1 програмування

Числовик

2 стр.

$$4S^2 = v_1^2 \tau^2 + v_2^2 \tau^2 + S^2$$

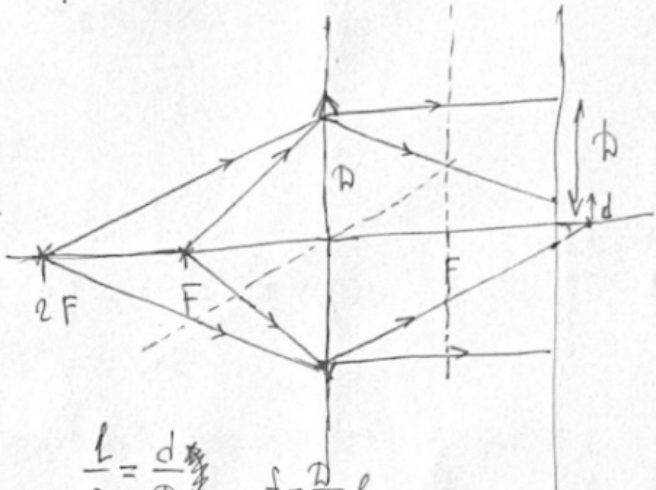
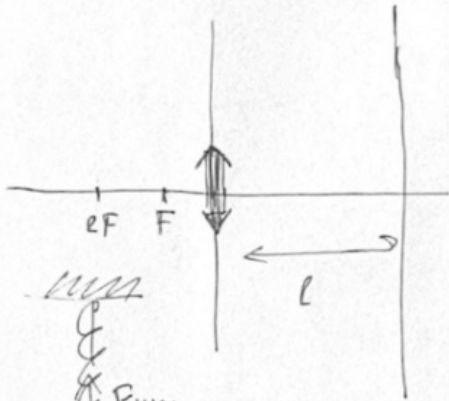
$$3S^2 = (v_1^2 + v_2^2) \tau \Rightarrow v_1^2 + v_2^2 = \frac{3S^2}{\tau^2}$$

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

Розв'язок: $v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^4}{100} - 10^2} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14,14 \text{ м/с} \approx 50,9 \text{ км/ч}$

Черновики

11 стр.



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

$\nu = 1,47 \text{ Гц}$

$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{L^2} = k \Delta x$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{d}{Dl} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{3}{40}$$

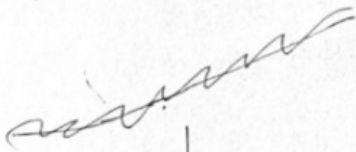
$$\frac{1}{2F} = \frac{3}{40}$$

$$F = \frac{20}{3} \text{ см}$$

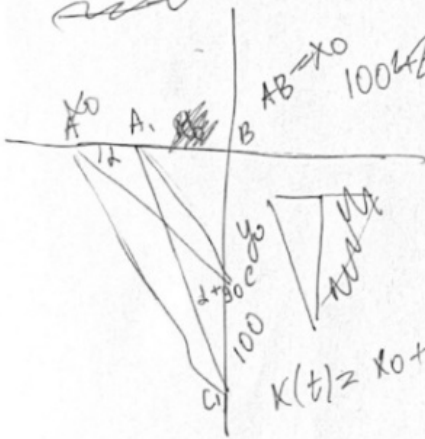
$$10000 - x^2 = y^2$$

$$40000 - x^2 - x \cdot 50 - 10000 = 30000 - x^2 - x \cdot 50$$

$$y^2 - x \cdot 50 + 20000 = y^2 - y \cdot 10\sqrt{2}$$



~~10000 - x^2 = y^2~~

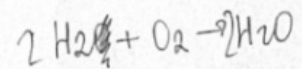


$$x(t) = x_0 + v_1 t$$

$H_2 \nu_1 = 0,05 \text{ мон}$
 $\text{сyx. в. } \nu_2 = 1 \text{ мон}$

$$V = \frac{105}{22,4} = \frac{5}{2240} = \frac{1}{448} \text{ м}$$

$$V = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ м} = 0,0$$



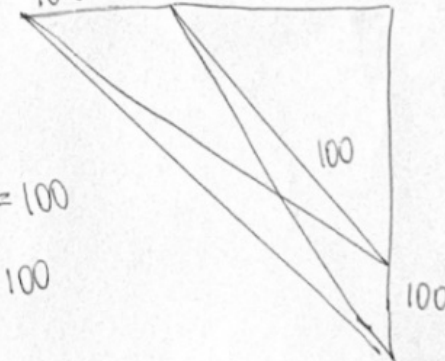
$$\begin{array}{r|l} 2240 & 5 \\ \hline 20 & 1448 \\ \hline 24 & \\ \hline -20 & \\ \hline & 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 224 \\ \hline 5 \\ 10\sqrt{2} \end{array}$$



$$\sqrt{(v_1^2 + v_2^2)} \cdot 10 = 100$$

$$\sqrt{100 + 100} = 100$$



1.2.1 Вопрос.

Определение скорости

Скорость это физическая величина, показывающая какой путь проходит тело за единицу времени. (расстояние пройденное телом на время)

Закон сложения скоростей — скорость тела относительно неподвижной системы отсчета равна векторной сумме скорости тела относительно подвижной системы отсчета и скорости подвижной системы отсчета относительно неподвижной системы отсчета

$$\vec{v}_{mk} = \vec{v}_{mk} + \vec{v}_{nk}$$

2.8.1 Вопрос

Виды парообразования:

Парообразование — переход веще-ва из конденсированной фазы — (жидкой или твердой) в газовую фазу

1) Испарение

парообр-ние с поверхности конденсированной фазы, для твердых тел — возгонка или сублимация)

2) Кипение

парообр-ние, с возникновением пузырьков насыщенного пара на поверхности нагрева, ростом пузырьков в объеме жидкости.

Удельная теплота парообразования — физическая величина, показывающая какое кол-во теплоты нужно, чтобы обратить кол-во жидкости условенной массой в пар при данной температуре жидкости без изменения температуры

Чистовик

4 стр.

№2. Дано:

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$\nu_1 = 0,05 \text{ моль } \text{H}_2$$

$$\nu_2 = 1 \text{ моль возд.}$$

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

$$p_H(20^\circ\text{C}) = 2330 \text{ Па}$$

$$x = 23\% \text{ (массовая доля } \text{O}_2)$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$\varphi = f = ?$ влажность пара

Решение:

При горении H_2 образуется вода: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + Q$

В 1 моле воздуха, при массовой доле O_2 равной 23%, содержится

$\nu(\text{O}_2) = 0,23 \cdot 1 = 0,23$ моль кислорода,
 поэтому водород полностью сгорит,
 образуется 0,05 моль воды H_2O

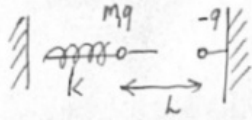
Найдем парциальное давление водяного пара

Ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$$p_H \cdot V = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T \Rightarrow p_H = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}} R \cdot T}{V}$$

$$f = \varphi = \frac{p_H}{p_H} \cdot 100\% = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}} R T}{p_H \cdot V} \cdot 100 = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330 \cdot 0,1} \cdot 100 \approx \underline{\underline{52,25\%}}$$

№3.



В положении равновесия пружина растянута, обозначим начальную деформацию Δx_0 .

$$\vec{F}_{упр.} \leftarrow \vec{F}_k \rightarrow$$

$$F_{упр.} = F_k$$

$$k \Delta x_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$\Delta x_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2 k}$$

Пусть шарик выведен из положения равновесия (вправо) на малую величину δ (это дополнительное смещение), тогда возвращающая сила равна:

$$\begin{aligned} |F_{возвр}| &= k \cdot (\Delta x_0 + \delta) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-\delta)^2} = \\ &= k \Delta x_0 + k \delta - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{L^2} \cdot \frac{1}{(1-\frac{\delta}{L})^2} \right) \approx \\ &\approx k \Delta x_0 + k \delta - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \cdot \frac{1}{1-\frac{2\delta}{L}} \approx \\ &\approx k \Delta x_0 + k \delta - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \cdot \left(1 + \frac{2\delta}{L} \right) = \\ &= k \delta - \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \delta = \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \right) \delta \end{aligned}$$

II закон Ньютона:

$$m x''(t) = -F_{возвр.}$$

$x(t) = \delta(t)$, если начало координат совпадает с положением равновесия

$$m \delta''(t) = - \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \right) \delta(t) \quad \text{это уравнение гармонических колебаний} \quad \delta''(t) = -\omega^2 \delta(t)$$

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

$$\nu = f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m} \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \right)} \quad \text{Подставим числа:}$$

$$1,47 = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1}{10^{-2}} \left(k - \frac{10^{-18}}{2,314 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} \right)}$$

$$9,2316 \approx \sqrt{k - 0,144}$$

$$k - 0,144 = 0,92316^2$$

$$k \approx 0,1144 + 0,8522 \approx 0,996 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Вопрос:

Чистовик

6 стр.

3.8.2 Напряженность электрического поле - это векторная физическая величина, равная отношению силы, с которой поле действует на положит. пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда. Напр-ть эл. поля определяет характеристику электр. поля.

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r} = \frac{\vec{F}}{q} \quad E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

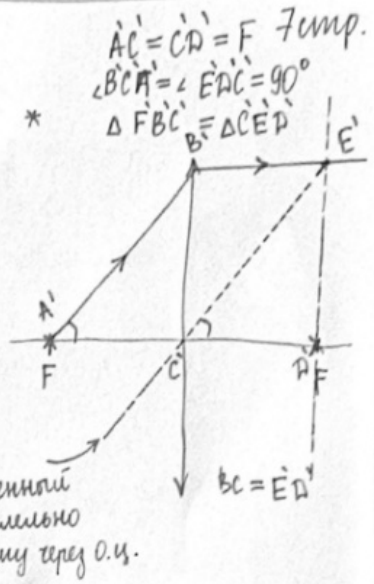
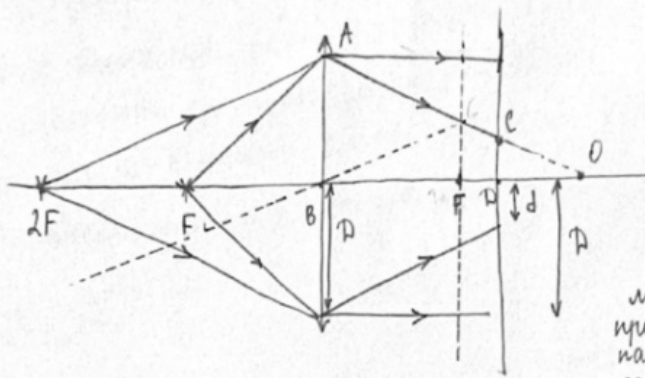
\vec{r} - радиус-вектор, проведенный в данную точку поля из заряда q , создающего поле.
 r - расстояние между зарядом q и точкой, в которой определены вектор E .

Принцип суперпозиции эл. полей - в каждой точке пространства напряженность электрического поля, созданного в этой точке всеми источниками электрических полей, равна векторной сумме напряженностей электр. полей, созданных в этой точке всеми источниками эл. полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

№ 4

Чистовик



III. к. лучи идущие от источника лежащего в фокусе, пройдут через линзу идут параллельно ее оптической оси*, радиус кривизны равен расстоянию от оптического центра до конца линзы. ($AB = D$)

Проведен лучи идущие от источника лежащего в двойном фокусе
 Продолжим параллельные лучи за экран до пересечения с оптической осью (в точке O)

Заметим подобие $\triangle ODC$ и $\triangle OBA$

$$\frac{OA}{OB} = \frac{CD}{AB} \quad OB = l + OA \quad \frac{OA}{l + OA} = \frac{d}{D} \quad OA = \frac{ld}{D-d}$$

Напишем формулу тонкой линзы для второго источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad d = 2F \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{lA}$$

$f = OA + l$

$$\frac{1}{2F} = \frac{2}{8.5} \quad F = 10 \text{ см}$$

Вопрос

Чистовик

8 стр.

4.1.1.

Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы.

Фокусное расстояние для тонкой линзы в воздухе равно расстоянию от центра линзы до основных фокусов или фокусов тонкой линзы.

Оптическая сила тонкой линзы это величина

$$D = \pm \frac{1}{F}, \text{ где } F - \text{фокусное расстояние тонкой линзы.}$$

знак "+", если линза собирающая

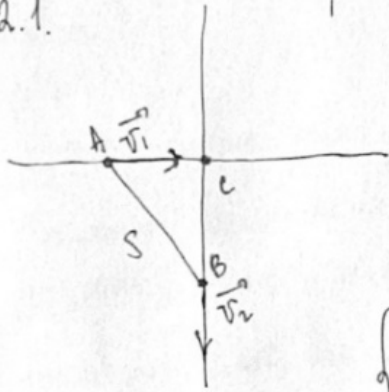
знак "-", если линза рассеивающая

Опт. сила изм-ся в диоптриях

групп.

черновик

1.2.1.



$$v_2 = 36 \text{ км/ч} = 36000 \text{ м/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$S_2 = 100 \text{ м}$$

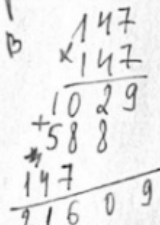
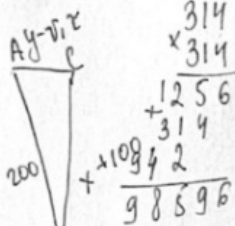
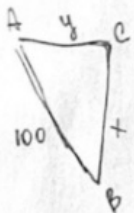
$$S_1 = v_1 \cdot t$$

$$S^2 = AC^2 + BC^2$$

$$\begin{cases} (BC + 100)^2 + (AC - 10v_1)^2 = 40000 \\ BC^2 + AC^2 = 10000 \end{cases}$$

$$BC^2 + 200BC + 10000 + AC^2 - 20v_1AC + 100v_1^2 = 40000$$

$$200BC + AC \cdot 20v_1 + 100v_1^2 = 30000$$



$$\begin{array}{r} 2281 \\ 55578 \\ \times 125 \\ \hline 277890 \\ 111156 \\ 55578 \\ \hline 6947250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ \times 2 \\ \hline 628 \\ 3140 \\ \hline 6280 \end{array}$$

$$k = 0,01 \cdot 4 \cdot 9,8596 \cdot 2,1609 \cdot 10^{12} = 0,694725$$

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

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

$$F = k(x + \delta) - k_k \frac{q_1 q_2}{(L - \delta)^2}$$

$$k = m\omega^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$k = m4\pi^2\nu^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$k_k \cdot \frac{q^2}{L^2 - 2L\delta + \delta^2} = \frac{q^2}{L^2} \cdot \frac{1}{(1 - \frac{2\delta}{L} + \frac{\delta^2}{L^2})}$$

$$L^2 (1 - \frac{2\delta}{L} + \frac{\delta^2}{L^2})$$

$$L^2 (1 - \frac{\delta}{L})^2 \quad L^2 (1 - \frac{2\delta}{L}) \quad \frac{1}{1 - \frac{2\delta}{L}}$$

$$\left(1 - \frac{2\delta}{L}\right)^{-1} = 1 + \frac{2\delta}{L}$$

$$\begin{array}{r} 21,51560964 \\ \times 9,8596 \\ \hline 8606240856 \\ \times 21609 \\ \hline 18687364 \\ + 591576 \\ \hline 98596 \\ + 197192 \\ \hline 197192 \end{array}$$

①. координаты

Меридиан.

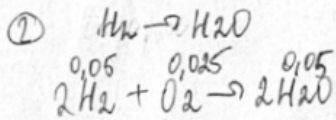
$$x(t) = x_0 + v_1 t$$

$$y_0 = BC$$

$$y(t) = y_0 + v_2 t = y_0 + 10t$$

$$BC^2 = 10000 - x_0^2$$

$$v = \frac{S}{t}$$

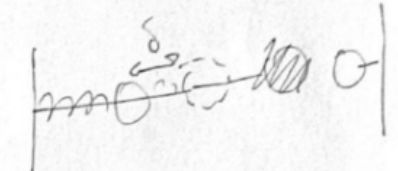


$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$T = 293 K$$

$1 \cdot 0,23 = 0,23$ кубометр

$$\gamma = \frac{F}{\rho_H} = \frac{\rho RT}{V \rho_H}$$



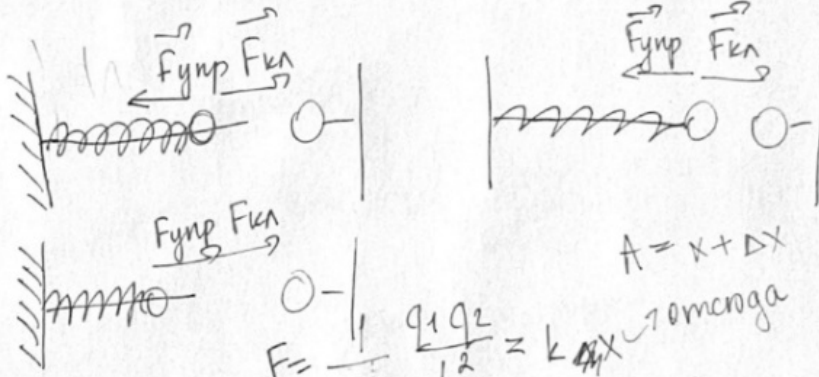
$$F_{грав} - F_k = ma$$

$$D = \frac{1}{F} - \text{отм. сила}$$

$$F = qE$$

$E = ?$

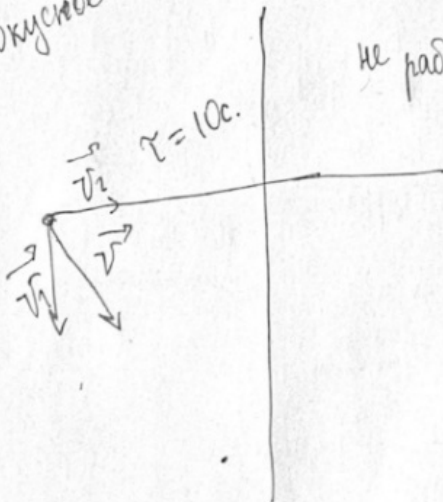
$$\nu = f$$



$$A = x + \Delta x$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{L^2} = k_{\text{Кул}} \rightarrow \text{отсюда}$$

Резонанс



не работа $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$? Неверно?

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \nu^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{k}{m}$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$$

$$k = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot m$$

$$W = 2\pi \frac{1}{T} =$$

$$W = 2\pi \nu$$