МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Гусев Артём Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **85**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9317927

	1	2	3	4	∑
Задача	*15*	*14*	*12*	*15*	***85***
Вопрос	*6*	*9*	*8*	*6*	

Чистовик

Вопрос №1:

Скорость - величина быстроты изменения положения тела в пространстве. $\vec{v}$ - скорость тела

$[v] = 1$ м/с

Закон сложения скоростей: Скорость тела в системе отсчёта Земли есть складывается из относительной скорости этого тела в системе отсчёта другого тела и переносной скорости - скорости тела, выбранного за подвижную систему отсчёта.

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

$\vec{v}_{абс}$ - скорость тела в системе отсчёта Земли.

$\vec{v}_{отн}$ - скорость тела в системе отсчёта другого тела.

$\vec{v}_{пер}$ - скорость тела, выбранного системой отсчёта.

Вопрос №2:

Виды парообразования:

- Испарение - только с поверхности вещества
- Кипение - образование пузырьков газа внутри вещества.

Удельная теплота парообразования - величина, равная кол-ву теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг данного вещества, чтобы испарить его.

λ - удельная теплота парообразования

$[\lambda] = 1 \frac{Дж}{кг}$

Вопрос №3:

Напряжённость электрического поля - величина, равная силе, с которой электрическое поле действует на точечный заряд в определённой точке пространства.

$\vec{E}$ - напряжённость электрического поля

$\vec{E} = \vec{F}/q$ $[E] = 1$ В

№1

9317927

Исмоилов

Вопрос №3

Если в точке пространства находится внутри нескольких электрических полей, то результирующий вектор напряжённости в этой точке будет равен сумме векторов напряжённостей всех полей действующих в точке пространства.

$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \ldots + \vec{E_n}$ — $\vec{E}$ - результирующий вектор напряжённости электрического поля.

$\vec{E_1}, \vec{E_2}, \ldots, \vec{E_n}$ - вектора напряжённостей полей, действующих ~~на~~ в точке пространства.

Вопрос №4

Фокусное расстояние - расстояние от главного фокуса линзы до её оптического центра.

F - фокусное расстояние линзы $[F] = 1м$

Оптическая сила - величина обратная фокусному расстоянию линзы.

D - оптическая сила линзы $[D] = \frac{1}{м} = м^{-1} = 1 Дптр.$

Задачи

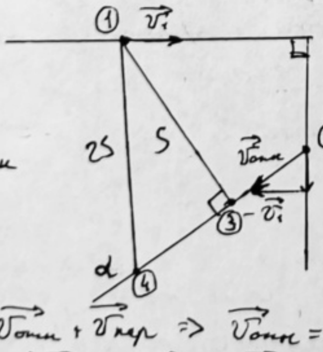
№2

Найти: v_1

$v_2 = 36 км/ч$

$S_{min} = 100м = 0,1км$

$t = 10с = \frac{1}{360}ч$



① Рассмотрим движение второй машинки в системе отсчёта первой машинки. Для этого перейдём в систему отсчёта первой машинки в которой машинка 1 будет неподвижна, а машинка 2 будет двигаться со скоростью $v_{отн}$.

Запишем закон сложения скоростей: $\vec{v_{абс}} = \vec{v_{отн}} + \vec{v_{пер}} \Rightarrow \vec{v_{отн}} = \vec{v_{абс}} - \vec{v_{пер}}$, где $\vec{v_{абс}} = \vec{v_2}$ а $\vec{v_{пер}} = \vec{v_1}$

Тогда $\vec{v_{отн}} = \vec{v_2} + (-\vec{v_1})$.

2) На рисунке прямая d - прямая, по которой будета перемещаться машинка 2 относительно машинки 1. Кратчайшим расстоянием S будет являться перпендикуляр на прямую d из точки 1. $\Rightarrow$

②

перв... первые ... Второе ... тело ... $V_{отн}$ ... м/с

Чистовик

=> А прямая из точки ① в точку ④ есть расстояние, на котором окажутся относительно друг друга машины через время τ. Оно по условию в 2 раза больше S. Мы имеем право утверждать, что время τ, а также расстояния S и 2S одинаковы для СО Земли и СО машины 1 т.к. физические величины время и расстояние одинаковы для всех СО.

③ Теперь рассмотрим п/у треугольник ①③④, в котором гипотенуза ①④ = 2S, а катеты ③④ = $V_{отн}\cdot\tau$ и ①③ = S

Запишем для этого треугольника теорему Пифагора.

$$4S^2 = S^2 + V_{отн}^2\cdot\tau^2 \Rightarrow V_{отн}^2 = \frac{3S^2}{\tau^2}$$

$V_{отн}^2 = V_1^2 + V_2^2$ так же по теореме Пифагора для треугольника скоростей т.к. по условию $\vec{V_1} \perp \vec{V_2}$

Получаем: $V_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - V_2^2} = \sqrt{\frac{3\cdot 10^{-2}}{\frac{1}{(36)^2\cdot 10^2}} - 36^2} = \sqrt{3\cdot 36^2 - 36^2} = 36\sqrt{2} = 36\cdot 1{,}41 \approx 50{,}76$ км/ч

Ответ. $V_1 = 50{,}76$ км/ч

N4

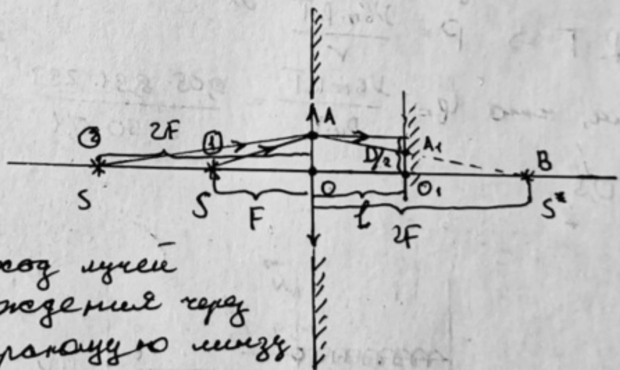
$l = 8$ см

$D = 5$ см

$d = 3$ см

Найти:

F - ?



1) Построим ход лучей после прохождения через тонкую собирающую линзу для двух ситуаций.

Известно, что если световой луч проходящий через главный фокус линзы попадает на тонкую собирающую линзу, то после прохождения линзы луч будет распространяться параллельно главной оптической оси => $AO = \frac{D}{2}$

В свою очередь A_1O_1 – радиус пятна полученного для предмета S расположенного в двойном фокусе линзы $A_1O_1 = \frac{d}{2}$, причём S^* – изображение ~~из~~ этого предмета для ситуации, когда предмет находится в двойном фокусе, так же находится в двойном фокусе, в точке B на главной оптической оси.

③ 2) Рассмотрим ΔAOB и ΔA_1O_1B, которые являются подобными т.к. имеют по 2 равных угла. => $\frac{AO}{A_1O_1} = \frac{OB}{O_1B} = \frac{D/2}{d/2} = \frac{2F}{2F - l}$ =>

9317927

Чистовик.

$\Rightarrow$

$D(2F-\ell)=d\cdot 2F$

$2FD-D\ell=d\cdot 2F$

$2F(D-d)=D\ell$

$F=\dfrac{D\cdot\ell}{2(D-d)}=\dfrac{5\cdot 8}{2\cdot(5-3)}=\dfrac{40}{4}=10$ см

Ответ. $F=10$ см.

№ 2

$V=0{,}1\ м^3$

$\nu_1=0{,}05$ моль

$T=20°C=293\ K$

$P_н=2330$ Па

$R=8{,}31\ \frac{Дж}{моль\cdot K}$

Найти: φ - ?

1) При сгорании водорода атомы водорода и атомы кислорода, содержащиеся в сухом воздухе образуют молекулы воды H_2O причём кол-во образовавшихся молекул будет равно количеству молекул водорода, то есть $\nu_{вп}=\nu_1$

2) $\varphi=\dfrac{P}{P_н}\cdot 100\%$, где P - давление водяного пара

Водяной пар можно считать идеальным газом и записывать для него ур-е Менделеева - Клапейрона

$P\cdot V=\nu_{вп}\cdot R\cdot T\Rightarrow P=\dfrac{\nu_{вп}\cdot R\cdot T}{V}$

Получаем, что $\varphi=\dfrac{\nu_{вп}\cdot RT}{P_н\cdot V}=\dfrac{0{,}05\cdot 8{,}31\cdot 293}{2330\cdot 0{,}1}=\dfrac{121{,}75}{233}\approx 0{,}5$

Ответ. $\varphi=0{,}5$

№ 3

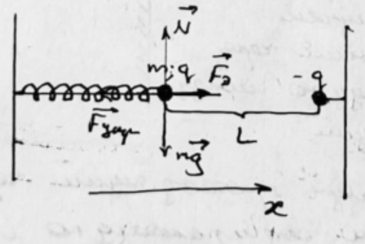
$m=10^{-3}$ кг

$q=10^{-6}$ Кл

$L=0{,}5$ м

$f=1{,}47$ Гц

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



1) Рассмотрим подвижный шарик в положении равновесия.

По I условию равновесия

$\vec F_{упр}+\vec F_э+m\vec g+\vec N=0$

в проекции на ось x:

$-F_{упр}+F_э=0$; $-F_{упр}+E\cdot(-q)=0$

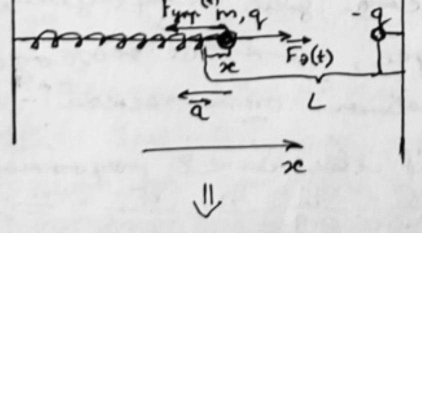
$F_{упр}=kx_0$ - по закону Гука

$F_э=E(-q)=-\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\cdot L^2}$

$kx_0=\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

$x_0=\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 kL^2}$ - растяжение пружины в положении равновесия.

2) Рассмотрим подвижный шарик в некотором смещённом положении, когда он обладает ускорением $\vec a$.



4

$\Downarrow$

⇓ Чистовик

Запишем 2 ЗН для шарика в этот момент времени: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F_э}(t) + \vec{F_{упр}}(t)$

в проекции на ось x:

$$-ma = F_э(t) - F_{упр}(t)$$

$$F_э(t) = -E(t)\cdot q = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L-x)^2}$$

$$F_{упр} = k(x_0 + x)$$

$$-ma = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L-x)^2} - kx_0 - kx$$ подставим $kx_0 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

$$-ma = +\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L-x)^2} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} - kx$$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(L-x)^2} - \frac{1}{L^2}\right) - kx$$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2 - L^2 + 2Lx - x^2}{L^2(L-x^2)^2}\right) - kx$$

Т.к. по условию колебания являются малыми, $x \ll L$, то $L - x \approx L$, а $x^2 \approx 0$ ~~[illegible]~~

тогда получаем

$$-ma = +\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2Lx}{L^{4}3}\right) - kx$$

$$a = -\left(\frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^3 m} - \frac{k}{m}\right)x(t)$$ - ур-е гармонических колебаний,

где $\frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^3 m} - \frac{k}{m} = \omega^2$

С другой стороны $\omega^2 = 4\pi^2\nu^2$, где $\nu^2 = f^2$ - частота гармонических колебаний.

$$4\pi^2 f^2 = \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^3 m} - \frac{k}{m} \Rightarrow -4\pi^2 f^2 \cdot m + \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^3} = k$$

$$k = 4\cdot 10\cdot 2{,}26\cdot 10^{-3} + \frac{10^{-12}\cdot 84}{2\cdot 3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}125} = -0{,}09 + \frac{1}{7} = \frac{1}{7} - \frac{9}{100} = \frac{100-63}{700} =$$

$$= \frac{37}{700} \approx 0{,}05 \text{ Н/м}$$

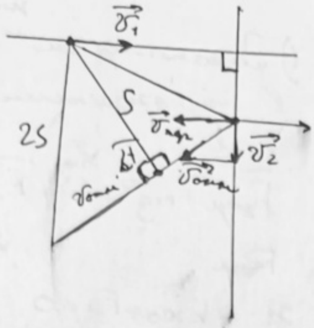
Ответ. $k = 0{,}05$ Н/м

5

9317927

ГУМВД №1

Черновик.



Перейдём в систему отсчёта первого автомобиля, тогда первый автомобиль неподвижен, а второй движется со скоростью $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_{абс} - \vec{v}_{пер}$

$v_{абс} = v_2 = 36$ км/ч $= 10$ м/с

$S = 100$ м $= 0{,}1$ км

$\tau = 10$ с $= \frac{1}{6}$ мин $= \frac{10}{60}$ мин $= \frac{10}{3600}$ ч $= \frac{1}{360}$ ч

$v_{отн} = \sqrt{v_2^2 + v_1^2}$

$4S^2 = S^2 + v_{отн}^2 \cdot \tau^2$

$3S^2 = (v_2^2 + v_1^2)\tau^2$

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

$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3\cdot 10^4}{\cancel{10^2}} - 100} = \sqrt{200}$ м/с

$v_1 = \sqrt{\frac{3\cdot 10^{-2}}{\frac{1}{(360)^2}} - 36^2} = \sqrt{3\cdot 36^2 - 36^2} = \sqrt{2\cdot 36^2} = 36\sqrt{2}$ км/ч

Ответ. $36\sqrt{2}$

$\sqrt{200}$

$\sqrt{200} \cdot 3{,}6 = 36\sqrt{2}$

1,21 × 1,21 = 14641

36 · 1,41

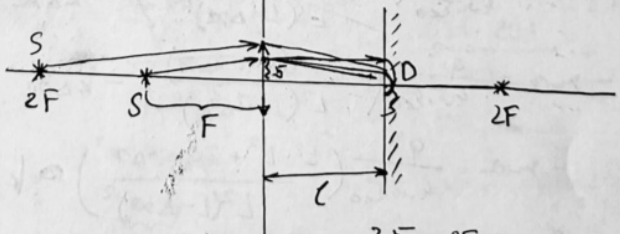
1,41 × 36 = 50,76

3,6 × 3,6

1,41 × 1,41 = 1,9881

$\varphi = \frac{p}{p_{н.п.}} \cdot 100\%$

№4

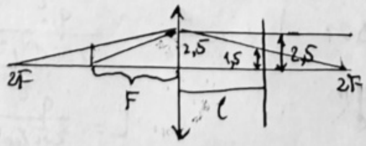


$\frac{2{,}5}{1{,}5} = \frac{2F}{2F - l}$

$\frac{5}{3} = \frac{2F}{2F - l}$

$10F - 5l = 6F$

$5l = 4F \Rightarrow F = \frac{5l}{4} = \frac{5\cdot 8}{4} = 10$ см

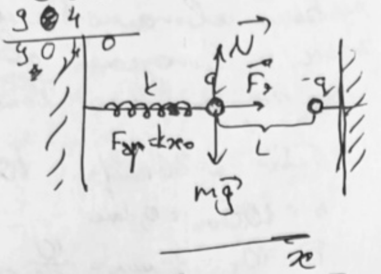


6

9317927

Черновик

$$\begin{array}{r} \times 2{,}264 \\ 40 \\ \hline 000 \\ 904 \\ \hline 90{,}40 \end{array}$$



1) Рассмотрим подвижный шарик в положении равновесия

$$\vec{F_{упр}} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F_Э} = 0$$

$$\begin{array}{r} \times 0{,}25 \\ 0{,}5 \end{array}$$

$x: -kx_0 + F_Э = 0$

$kx_0 = F_Э$

$F_Э = E \cdot q = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

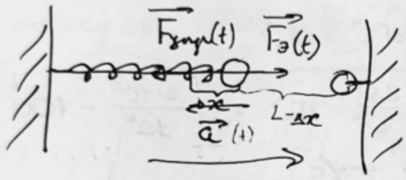
$E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

$kx_0 = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

$x_0 = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2 k}$

2) Рассмотрим подвижный шарик в некотором смещённом положении

$90{,}4 \cdot 10^{-3} = 0{,}09$



$\dfrac{226}{1400}$

$\dfrac{1}{14} + \dfrac{9}{100}$

$\dfrac{100+9\cdot 14}{1400}$

$\dfrac{2}{28} = \dfrac{1}{14}$

$$\begin{array}{r} \times 1{,}47 \\ 1{,}47 \\ \hline 1029 \\ 588 \\ 147 \\ \hline 2{,}2609 \end{array}$$

$2260 : 1400 = 0{,}11$; -1400; 860

Запишем 2 ЗН для шарика:

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (L-\Delta x)^2} - k(x_0 + \Delta x)$$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (L-\Delta x)^2} - kx_0 - k\Delta x$$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (L-\Delta x)^2} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} - k\Delta x$$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(L-\Delta x)^2} - \frac{1}{L^2}\right) - k\Delta x$$

$$\cancel{-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2 - L^2 + 2L\Delta x - \Delta x^2}{L^2(L-\Delta x)^2}\right)} - k\Delta x$$

$$\cancel{-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2 - (L-2\Delta x)}{L^2(L-2\Delta x)}\right)} - k\Delta x$$

$\dfrac{90{,}4}{1000}$

$$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2 - L^2 + 2L\Delta x - \underbrace{\Delta x^2}_{\approx 0}}{L^2(L-\Delta x)^2}\right) - k\Delta x$$

$\dfrac{90}{1000} = \dfrac{9}{100}$

$$-ma = \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2}\cdot\Delta x - k\Delta x$$

$$a = -\left(\frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2 m} - \frac{k}{m}\right)\Delta x$$

$k = \dfrac{2}{3{,}14 \cdot 8{,}85} - 4 \cdot (3{,}14)^2 \cdot (1{,}47)^2 \cdot 10^{-3}$

$90{,}4 \cdot 10^{-3} = 0{,}09$

$\dfrac{1}{7} - \dfrac{9}{100}$

$$\begin{array}{r} \times 3{,}14 \\ 8{,}85 \\ \hline 1570 \\ 2512 \\ 2512 \\ \hline 27{,}7890 \end{array} \approx 28$$

$\dfrac{2}{27{,}789}$

$$\begin{array}{r} \times 3{,}14 \\ 3{,}14 \\ \hline 1256 \\ 314 \\ 942 \\ \hline 9{,}8596 \end{array} \approx 10$$

$\dfrac{4}{28} = \dfrac{1}{7}$

$\omega^2 = \dfrac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2 m} - \dfrac{k}{m}$

$T = \dfrac{2\pi}{\omega} \to \omega = \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

$\dfrac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2 m} - \dfrac{k}{m} = 4\pi^2\nu^2$

$k = \dfrac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2} - 4\pi^2\nu^2 m$

$k = \dfrac{10^{-12} \cdot 4 \cdot 2}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}25} - 4 \cdot (3{,}14)^2 \cdot (1{,}47)^2 \cdot 10^{-3}$

Черновик

$kx_0 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2}$

$\frac{1834}{233}$ 0,7

$293 \times 83,1$

$1220 \mid 233$
$-1155 \mid 0,50$
65

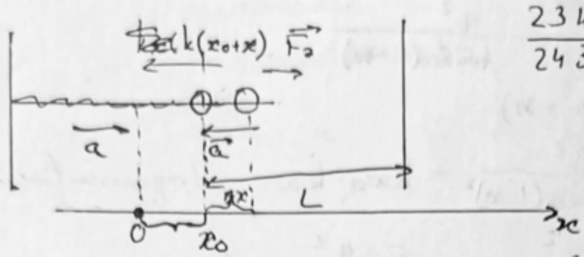
$233 \times 7 = 1631$

$233 \times 8 = 1864$

$293 \times 83,1$: 293, 879, 2344, 24348,3

$2435 \times 0,05 = 121,75$

$\frac{183}{233} \approx 80\%$



$0,23 \times 0,05 =$

$0,23 \times 0,05$

$\frac{37}{700}$

$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L-x)^2} - k(x_0+x)$

$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L-x)^2} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} - kx$

$0,37 \mid 7$
$35 \mid 0,05$

$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(L-x)^2} - \frac{1}{L^2}\right) - kx$

$-ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(L^2 - L^2 +\right.$

$ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(L+x)^2} + k(x_0 - x)$

$ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(L+x)^2} + \frac{1}{L^2}\right) - kx$

$ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2+(L+x)^2}{L^2(L+x)^2}\right) - kx$

$(L+x)^2 = L + 2x$

$ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L^2 + \cancel{L} + 2x}{L^2(L+2x)}\right) - kx$

$ma = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{L+1}{L^2+2Lx}\right) - kx$

~~23~~ $100 - 23 = 77$

$20 + 273 = 293$

$300 \times 8 =$

$\frac{0,05}{1} = \frac{5}{100} = \frac{1}{20}$

$\frac{1}{m}\left(q^2\right.$

H_2O

~~H_2O~~

$293 \times 83 = 2400$

1826

$25 \times 75 = 125$, 175, 1875

$0,85$ моль $+ 0,05$ моль

$\nu_{в.п.} = 0,05$ моль

$25 \times 25 = 625$

$P = P_{в.п.} + P_{с.в} = \frac{\nu_{в.п.} \cdot R \cdot T}{V} + \frac{\nu_{с.в.} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} =$

$\frac{0,35 \cdot 83,1 \cdot 293}{2330}$

$= 83,1 \cdot 293$

0,23 моль

0,05 моль

$\frac{\frac{\nu_{вп} \cdot R \cdot T}{V}}{P_{н.п.}}$

~~0,05~~

~~0,23+0,05~~

~~0,13+0,77 =~~

~~= 0,9~~

$8,31 \times 293$: 2493, 7479, 1662, 24348,3

$\frac{\nu_{вп} RT}{P_{н.п.} V}$

$0,05 + 0,025 = 0,075$

$\frac{0,075 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330}$

$24348,3 \times 0,075$: 1217415, 1704381, 1826,1225

~~24,348~~

$24,35 \times 75$

8