



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Щерба Александр Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **85**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9887144

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	15	15	85
Вопрос	7	5	6	7	

Числовик, лист 3
№2

Дано:

$$\nu_1 = 0,05 \text{ моль}$$

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$T = 20^\circ = 293 \text{ K}$$

$$\frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}{\nu_{\text{H}_2}} = 0,23$$

$$\nu_{\text{O}_2} = 0,23 \nu_{\text{H}_2}$$

$$\nu_{\text{H}_2} = 1 \text{ моль}$$

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

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 2330$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 12060 \overline{) 2330} \\ \underline{11650} \\ 11650 \\ \underline{11650} \\ 0 \end{array}$$

1) При горен. протекает реак.: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$

$$\nu_{\text{O}_2} = 0,23 \text{ моль} > \frac{\nu_1}{2} \Rightarrow \text{после изгара}$$

всего водорода еще останется кислорода \rightarrow

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

$$2) p_{\text{H}_2\text{O}} V = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T; \quad p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\nu_{\text{H}_2\text{O}} R T}{V} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} \approx 1206 \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} \times 415 \\ 293 \\ \hline 1245 \\ 3235 \\ 830 \\ \hline 124595 \\ 1 \end{array}$$

$$f = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2}} = \frac{1206}{2330} \approx 0,521$$

$$\text{Ответ: } f = 51,22\% \approx 52,1\%$$

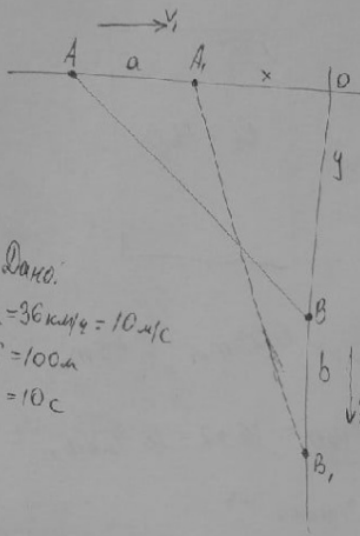
Ответ на вопрос: испарение (только у поверхности жидкости), кипячение (по всему объему жидк.);

Удельн. теплота парообр. — физ. величина, показыв., на сколько Дж тепла нужно передать 1 кг веще-ва, чтобы перевести его из жидк в газообразн. $[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}]$

Условие

Числовик, лист 1

№1



Дано:

$$V_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$S = 100 \text{ м}$$

$$T = 10 \text{ с}$$

1) Пусть (1) A и B - кон. полож. машин,
(2) A1, B1 - кон. или полет. Введем и
обозначим: AA1 = a = V1 T; BB1 = b = V2 T;
AO = x; BO = y (см рис); AB = S; A1B1 = 2S (по условию)

2) по м. Пито для $\triangle AOB$ и $\triangle A_1OB_1$:

$$\begin{cases} AB^2 = AO^2 + OB^2 \\ A_1B_1^2 = A_1O^2 + OB_1^2 \end{cases} \begin{cases} S^2 = (a+x)^2 + y^2 \\ 4S^2 = x^2 + (b+y)^2 \end{cases}$$

П.к AB - мин. раст \Rightarrow до этого
момента око \downarrow , а после $\uparrow \Rightarrow$ в

даный момент $AB' = V_1 t = 0$; $V_1 \cdot \cos \angle OAB = V_2 \cdot \cos \angle ABO$

$$\frac{a}{T} \cdot \frac{a+x}{S} = \frac{b}{T} \cdot \frac{y}{S} \Rightarrow$$

$$\textcircled{2} - \textcircled{1} \Rightarrow 3S^2 = b^2 + 2by - a^2 - 2ax$$

$$\begin{cases} S^2 = (a+x)^2 + y^2 = a^2 + 2ax + x^2 + y^2 \textcircled{1} \\ 4S^2 = x^2 + (b+y)^2 = x^2 + y^2 + b^2 + 2by \textcircled{2} \\ a(a+x) = by \textcircled{3} \end{cases}$$

$$3S^2 = b^2 + 2(a^2 + ax) - a^2 - 2ax$$

$$3S^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow$$

$$a = \sqrt{3S^2 - b^2} = \sqrt{3S^2 - (V_2 T)^2} \Rightarrow$$

$$= \frac{\sqrt{3 \cdot 10000 - 100 \cdot 100} \text{ м}}{10 \text{ с}}$$

$$V_1 = \frac{a}{T} = \frac{\sqrt{3S^2 - b^2}}{T} =$$

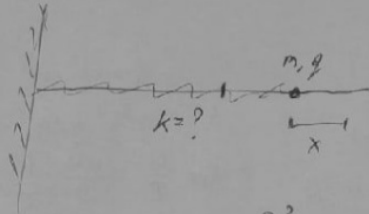
$$= \sqrt{2} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 36 \cdot \sqrt{2} \text{ км/ч}$$

Ответ: $V_1 = 36 \cdot \sqrt{2} \text{ км/ч}$

Ответ на вопрос: \sin -ство - физ. велич., показывающая пройденное
точкой расстояние за любые равные промежутки времени $[\frac{\text{м}}{\text{с}}]$

При переходе в другую СО, движ. со скоростью \vec{V} пер справедливо:

$\vec{V}_{\text{обс}} = \vec{V}_{\text{пер}} + \vec{V}_{\text{отн}}$, где $\vec{V}_{\text{обс}}$ - \sin -ство движ. в м. в АСО, $\vec{V}_{\text{отн}}$ - \sin -ство
движ. м. в СО



Упружина, длина l

$$1) \text{ параболы } \frac{k_0 q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = kx_0$$

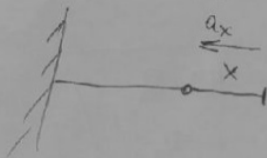
$$m a_x = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot (L-x)^2} - \frac{k(x_0+x)^2}{2}$$

$$m a_x = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot (L^2 - 2Lx)} - kx - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2}$$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot (L-x)} + \frac{k(x_0+x)^2}{2} = \text{const}$$

$$\frac{k_0 q^2}{L^2} = kx_0 ; \quad m a_x = \frac{k_0 q^2}{(L+x)^2} - k(x-x_0)$$

$$m a_x = \frac{k_0 q^2}{(L+x)^2} - kx + \frac{k_0 q^2}{L^2} = k_0 q^2 \cdot (L^2 - L^2 + 2xL)$$



$$m a_x = k$$

$$k$$

$$E_{\text{анал}} \left(\frac{k(x+x_0)^2}{2} \right)' = 0 ; \quad \frac{2k \cdot (x+x_0) \cdot x'}{2} = 0$$

$$x' = \omega_0 \cdot x$$

$$kx + kx_0 \cdot x' = 0$$

$$kx^2 \cdot \omega_0 + kx_0 \cdot x' = 0$$

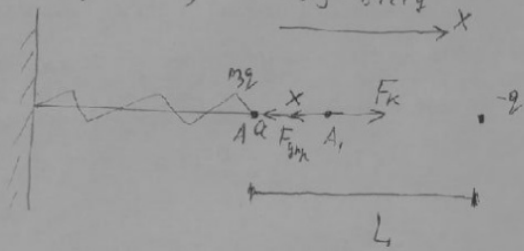
$$kx + \frac{k_0 q^2}{L^2} \cdot \omega_0 \cdot x = 0$$

$$\omega_0 x \cdot (kx_0 \cdot x + kx_0) = 0$$

$$m a_x = \frac{k_0 q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot (L^2 - 2Lx)} - \frac{kx}{k(x+x_0)}$$

Условие, лист 5

Дано:
 $m = 0,01 \text{ кг}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$; $L = 0,5 \text{ м}$; $f = 1,42 \text{ Гц}$



1) В поист. равновес по 23Н

для m на Ox оси:

$$0 = F_k - F_{грав};$$

$$kx_0 = \frac{k_0 g^2}{L^2}; \quad k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

2) При отклон. на x влевопо 23Н для m на Ox имеем: $+max = \frac{k_0 g^2}{(L-x)^2} - k(x_0+x)$;В данном случае $(L-x)^2 = L^2 \cdot (1 - \frac{x}{L})^2 = L^2 \cdot (1 - 2\frac{x}{L}) = L^2 - 2Lx$

$$+max = \frac{k_0 g^2}{L^2 - 2Lx} - \frac{k_0 g^2}{L^2} - kx \quad | \cdot L^2(L^2 - 2Lx);$$

$$+max \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) = k_0 g^2 \cdot L^2 - k_0 g^2 \cdot (L^2 - 2Lx) - kx \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx)$$

$$+max \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) = k_0 g^2 \cdot 2Lx - kx \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) \quad | : L^4$$

$$+max \cdot (1 - 2\frac{x}{L}) = k_0 g^2 \cdot \frac{2x}{L^3} - kx \cdot (1 - \frac{2x}{L});$$

$$x \ll L \Rightarrow \frac{2x}{L} \ll 1 \Rightarrow 1 - 2\frac{x}{L} \approx 1$$

$$+max = \frac{2k_0 g^2}{L^3} \cdot x - kx; \quad ax + \frac{k_0 - \frac{2k_0 g^2}{L^3} + k}{m} x = 0$$

$$ax + \omega_0^2 x = 0 \Rightarrow m\omega_0^2 = \frac{2k_0 g^2}{L^3} + k; \quad \omega_0 = 2\pi\nu$$

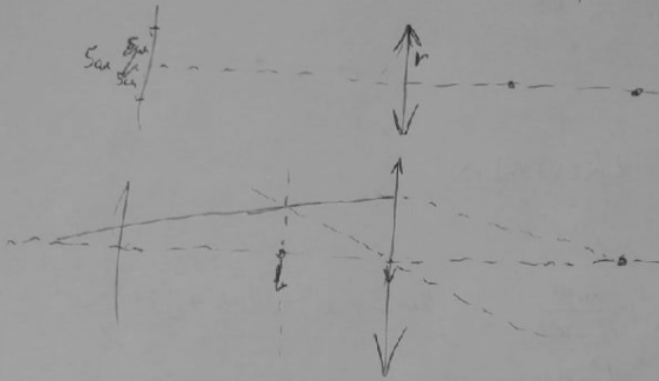
$$k = \frac{2k_0 \cdot g^2}{L^3} + m\omega_0^2; \quad k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \quad \frac{H \cdot m^2}{K_n^2}; \quad \omega_0 = 2\pi \cdot f$$

$$k = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-12}}{0,125} + 0,01 \cdot 4\pi^2 \cdot 1,42^2 = \frac{80}{100} + \frac{18}{125} = \frac{400 + 72}{500} =$$

$$= 0,856 \frac{H}{m}$$

$$\text{Ответ: } k = 0,856 \frac{H}{m} \quad k = 0,944 \frac{H}{m}$$

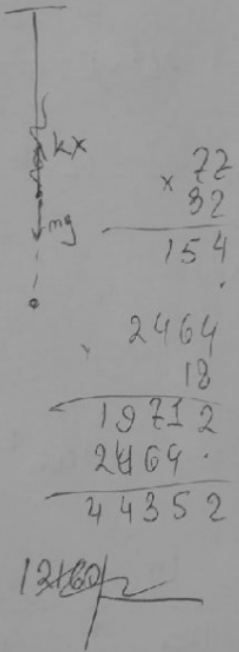
Упроблава, лист 519
N4



do $X = 2F$

$$m_{ax} = \frac{k_0 g^2}{L^2 + 2Lx} + k(x_0 - x)$$

$$m_{ax} \cdot L^2 - (L^2 + 2Lx) = k_0 g^2 L^2 + k$$



$$m_{ax} = mg - k(x_0 - x)$$

$$\begin{array}{r} 2878 \\ 1439 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 728 \\ 63 \\ \hline 148 \\ 126 \end{array} \quad \begin{array}{r} 21 \\ \hline 66 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2882 \quad 2828 \\ \hline 44352 \end{array}$$

$$\infty \quad \frac{3}{44}$$

$$\begin{array}{r} 831 \quad 22 \\ 850 \quad \hline 549 \end{array}$$

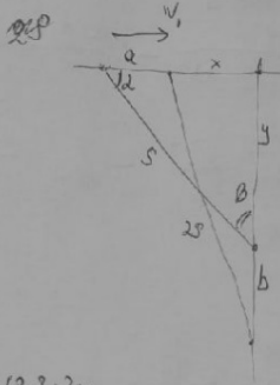
$$\begin{array}{r} 12160 \quad 2330 \\ 11650 \quad \hline 5100 \\ - 4660 \\ \hline 4400 \\ - 2330 \end{array}$$

$$\frac{12160}{2}$$

S, b

~~Уравнения~~
Уравнения
№1

лучше



$$\begin{cases} S^2 = (a+x)^2 + y^2 \\ 4S^2 = x^2 + (y+b)^2 \\ v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \cos \beta \end{cases} \quad \begin{cases} S^2 = (a+x)^2 + y^2 \\ 4S^2 = x^2 + (y+b)^2 \\ \text{или } \frac{a}{x} \cdot \frac{a+x}{S} = \frac{b}{y} \cdot \frac{y}{S} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= a^2 + 2ax + x^2 + y^2 \\ 4S^2 &= x^2 + y^2 + 2y(y+b) + b^2 + y^2 \end{aligned}$$

$$S^2 = a^2 + 2ax + x^2 + y^2$$

$$4S^2 = x^2 + y^2 + 2yb + b^2$$

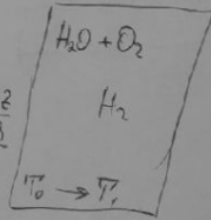
$$\begin{aligned} (2a^2 + 2ax) \\ 3S^2 &= 2yb + b^2 - a^2 - 2ax \\ 3S^2 &= b^2 + a^2 \end{aligned} \quad a = \sqrt{3S^2 - b^2}$$

№2

$$\mu \cdot V = \nu_{\text{мол}} R T_1$$

$$\frac{m_{O_2}}{m_n} = \frac{23}{22}$$

$$\nu_2 = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} + \frac{m_n}{M_{H_2O}} = \frac{m_{O_2}}{32} + \frac{m_{O_2} \cdot 23}{18}$$



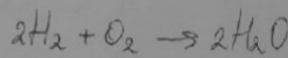
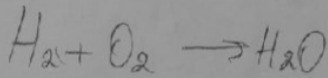
$$= \frac{(18 \cdot 23 + 22 \cdot 32) m_{O_2}}{32 \cdot 18 \cdot 23}$$

$$\rho V = \nu R T$$

$\nu_{O_2}; \nu_n$

$$\rho V = \nu_n R T_1$$

3 → 2



0,23 моль

$$\times \frac{272}{2}$$

$$\hline 944$$

Упружина, длина 11
N3

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

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



$$-\frac{18}{125} + \frac{40}{100}$$

$$\frac{160 - 80}{500} = \frac{200 - 200}{500}$$

$$40 \cdot 2 = \frac{k}{0,01}$$

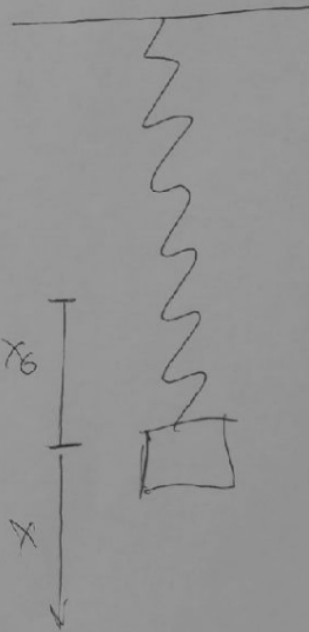
$$0,8 = k$$

$$\begin{array}{r} 328 \\ \times 2 \\ \hline 656 \end{array}$$

$$\max = k(x_0 + x) - mg$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 3,14 \\ \hline 1256 \\ 314 \\ \hline 992 \end{array}$$

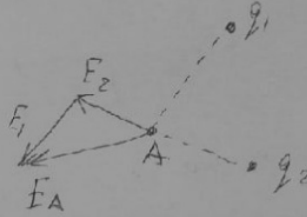
$$9,8596$$



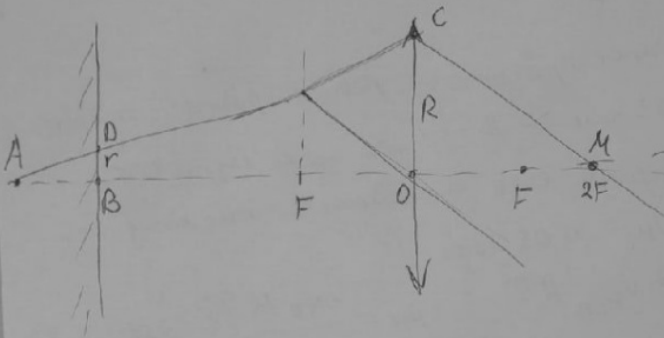
Ответ на

Числовые, лист 5

- Ответ на вопрос: 1) это физ. величина, показ. силу кулона, которая будет действ. на помещенный в эту точку заряд $+1\text{Кл}$.
- 2) \vec{E} в A точке равен $\Sigma \vec{E}$ независимых полей, образуемых несколькими зарядами



№4, лист 24



- 1) В первом луче все лучи проходя через линзу становятся // главной оси (то есть фокусы)

$\Rightarrow D = \text{длина}$

- 2) Во втором луче лучи собираются за экраном в (-)A

(см рис) $\Rightarrow \Delta ADB \sim \Delta ACO$ (по 3-м) $\rightarrow \frac{AB}{AO} = \frac{BD}{CO} = \frac{r}{R} = \frac{d}{D}$
 $AB = f - l$; $AO = f$ (f - раст до узора) $\Rightarrow \frac{f-l}{f} = \frac{d}{D} = \frac{3}{5}$;

$5f - 5l = 3f$; $f = \frac{5l}{2} = 20 \text{ см}$; по формуле тонкой линзы

$\frac{1}{x} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, где $x = OM$ (раст от линзы до объекта), по условию

$x = 2F \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{x} = \frac{1}{2F} \Rightarrow 2F = f$; $F = \frac{f}{2} = 10 \text{ см}$

Ответ: $F = 10 \text{ см}$

Ответ: фокусное раст. — это раст. от (O) до центра тонкой линзы до фокуса, где фокус — точка, где собираются лучи, идущие // главной опт. оси. [м]; Оптическая сила Φ — это величина

$D = \frac{1}{F}$ [диоптр]

Задача, лист 2

Дано:

$V_1 = 0,05 \text{ м}^3$

$V = 0,1 \text{ м}^3$

$T_1 = 20^\circ = 293 \text{ K}$

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

$\frac{m_{O_2}}{m_{O_2} + m_{H_2O}} = 0,23$

(П.н. все сожжено. сожжено в газе рожу. как куче \Rightarrow газ берется не берем $O_2 + H_2O$)

1) $p_{\text{н}} V = \nu_{\text{н}} R T_1$

$p_{\text{н}} = \frac{\nu_{\text{н}} R T_1}{V}$

$\nu_{\text{н}} = \frac{m_{\text{н}}}{M_{H_2O}}$

$\nu_2 = \frac{m_{\text{н}}}{M_{H_2O}} + \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}}$

V, T
 $O_2 + H_2O$

$0,23 m_{\text{н}} = 0,77 m_{O_2}$

$m_{O_2} = \frac{23 m_{\text{н}}}{77}$, $M_{H_2O} = 16 + 2 = 18 \text{ г/моль}$

$M_{O_2} = 16 \cdot 2 = 32 \text{ г/моль}$

$\nu_2 = m_{\text{н}} \cdot \left(\frac{1}{M_{H_2O}} + \frac{23}{77 \cdot M_{O_2}} \right)$

$1 \text{ моль} = m_{\text{н}} \cdot \left(\frac{1}{18} + \frac{23}{77 \cdot 32} \right) = m_{\text{н}} \cdot \left(\frac{77 \cdot 32 + 23 \cdot 18}{77 \cdot 32 \cdot 18} \right)$

77
x 32

154
231

2464
18

19712
2464

44352

$1 = m_{\text{н}} \cdot \frac{2878}{77 \cdot 32 \cdot 18} = m_{\text{н}} \cdot \frac{2878}{44352} \approx m_{\text{н}} \cdot \frac{3}{44}$

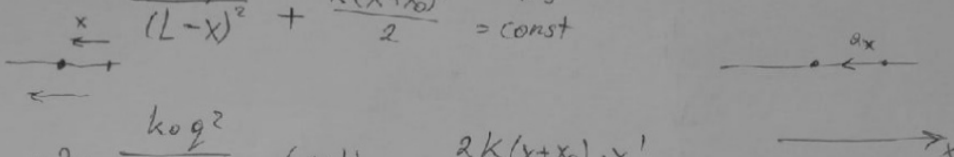
$m_{\text{н}} = \frac{44}{3} \approx 14,7$ $\Rightarrow \nu_{\text{н}} = \frac{m_{\text{н}}}{M_{H_2O}} = \frac{44}{18 \cdot 3} = \frac{22}{27} \text{ моль}$

$p_{\text{н}} = \frac{22}{27} \cdot 8,31 \cdot 293 \text{ Па}$; $\frac{8,31}{27} = \frac{850 - 0,19}{27} \approx 0,49$

$p_{\text{н}} = \frac{22}{27} \cdot 0,49 \cdot 293 \approx 300 \cdot 20 \cdot 5 > 2330 \text{ Па} \Rightarrow$

$p_{\text{н}} = 2330 \text{ Па}$; $f = \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{н}}} = 100\%$

репробук, сумм 10
N3

$$\frac{k_0 q^2}{(L-x)^2} + \frac{k(x+x_0)^2}{2} = \text{const}$$


$$-2 \cdot \frac{k_0 q^2}{(L-x)^3} \cdot (-x') + \frac{2k(x+x_0) \cdot x'}{2} = 0$$

$$- \text{max} = -k(x_0+x) + \frac{k_0 q^2}{L^2 - 2Lx} = \frac{k_0 q^2 (L^2 - 2Lx + L^2)}{L^2 - 2Lx}$$

$$\text{max} + -\text{max} = -\frac{k_0 q^2}{L^2} - kx + \frac{k_0 q^2}{L^2 - 2Lx}$$

$$-\text{max} \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) = -k_0 q^2 \cdot (L^2 - 2Lx) - kx \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) + k_0 q^2 \cdot L^2 = k_0 q^2 \cdot 2Lx - kx (L^4 - 2L^3 x)$$

$$-\text{max} \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx) = k_0 q^2 \cdot 2Lx - kx \cdot L^2 \cdot (L^2 - 2Lx)$$

$$-\text{max} (L - 2x) = \frac{k_0 q^2}{L^2} \cdot 2x - kx \cdot (L - 2x)$$

$$\text{max} + \left(\frac{2k_0 q^2}{L^2} 2x - k \right) x = 0$$

$$m \omega_0^2 = \frac{2k_0 q^2}{L^3} - k \quad k = \frac{2k_0 q^2}{L^3} - m \omega_0^2$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{147} \\ 147 \\ \hline 1029 \\ 147 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{147} \\ 147 \\ \hline 1029 \\ 588 \\ \hline 147 \\ \hline 2,0609 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt[4]{\frac{18}{125} \cdot \frac{8 \cdot \pi^2}{100}} \\ \frac{18}{125} \cdot \frac{8 \cdot \pi^2}{100} \\ \hline 72 + 40 \pi^2 \\ \hline 500 \end{array}$$