



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Елисеев Дмитрий Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **83**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

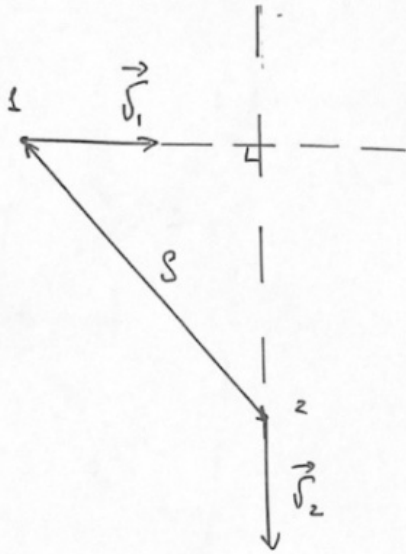
ШИФР РАБОТЫ 9880797

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	15	14	7	15	<b>83</b>
Вопрос	9	10	5	8	

Задача  
12.1  
1)

Вариант 221

Чистовик



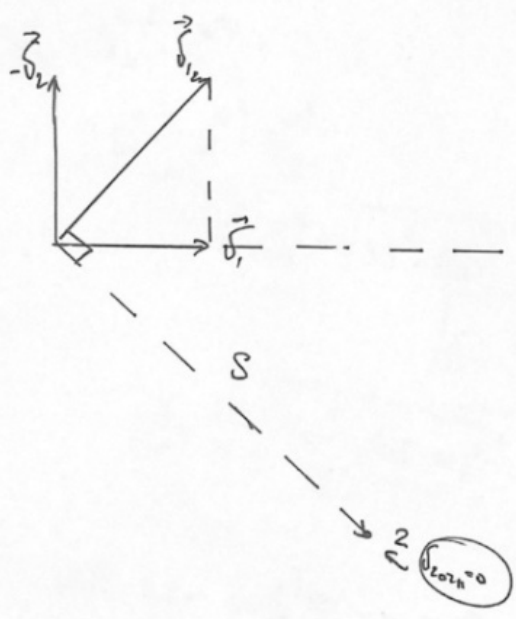
$$\begin{array}{|l} S=100\text{ м} \\ t=10\text{ с.} \\ S'=2S \\ \underline{v_2=36 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \\ v_1=? \end{array}$$

Перейдем в СО - 205  
автомобильно

т.к.  $v_2 = \text{const}$ ,  $\rightarrow$  СО-205 автомобильно  
инерциальной

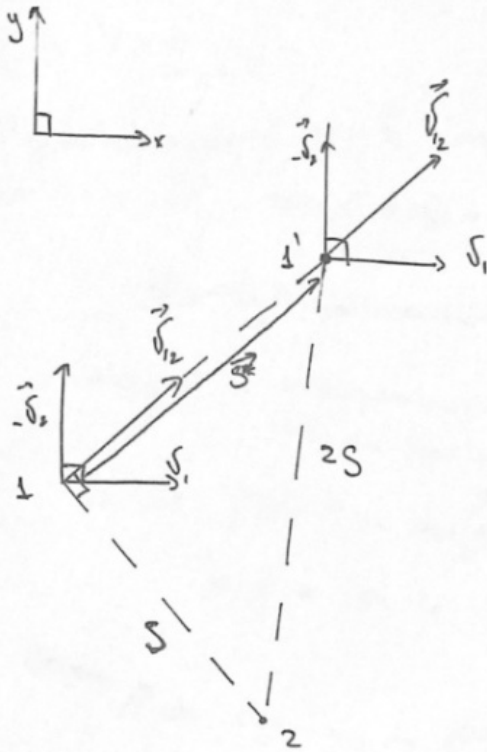
Для этого добавим к телу ①  
 $\vec{v}_2$

2)



Т.к. по условию  
указано, что  $S \rightarrow$  минимальное  
расстояние между  
телами, то  $\vec{S} \perp \vec{v}_2$

3)



Числовик

$\vec{S}^*$  → направление  
 длина 1 отн 2. За время  $\tau$ .

~~$\vec{S}_y = \vec{S}_2 \cdot \gamma$~~

$\vec{S}_y^* = \vec{v}_2 \cdot \gamma$

На Oy

$S_y^* = v_2 \cdot \gamma$

На Ox

$S_x^* = v_1 \cdot \gamma$

По т. Пифагора.

$S^2 + S^{*2} = 4S^2$

$S^{*2} = 3S^2$

$S^* = S\sqrt{3}$

$S_y^{*2} + S_x^{*2} = S^{*2}$

$S_x^{*2} = S^{*2} - S_y^{*2}$

$S_x^* = \sqrt{3S^2 - (v_2 \gamma)^2}$

$S_1 = \frac{\sqrt{3S^2 - (v_2 \gamma)^2}}{\gamma}$

$S_1 = \frac{\sqrt{3 \cdot (100 \text{ м})^2 - (10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \text{ с})^2}}{10 \text{ с}}$

$= \frac{\sqrt{30000 - 10000}}{10 \text{ с}} = \frac{\sqrt{20000 \text{ м}}}{10 \text{ с}}$

$= \frac{100 \text{ м} \cdot \sqrt{2}}{10 \text{ с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$10\sqrt{2} \cdot 3,6 = 36\sqrt{2} \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 50,76 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

$$\begin{array}{r} 36,00 \\ \times 1,41 \\ \hline 14400 \\ 3600 \\ \hline 507600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 14,1 \\ \hline 846 \\ 420 \\ \hline 5076 \end{array}$$

~~Ответ: 14,1 м/с~~ Ответ: 50,76 км/ч

Вопрос 3.8.2Частовик

Любая заряженная тело вокруг себя создает электрическое поле. ~~Эта~~ напряженность эл. поля называется <sup>матр</sup> «линейной» действующая <sup>напряженность в вакууме.</sup> на положительный заряд в электрическом поле.

$$[E] = \frac{B}{M}$$

~~Принято обозначение напряженности электрического поля~~

Принято обозначение линии напряженности эл. поля создаваемого «+» зарядом от ~~него~~ <sup>заряду</sup>, и «-» заряду к нему.

Таким образом, для системы зарядов, напряженность <sup>эл. поля</sup> ~~поле~~ в данной точке равна сумме ~~векторов~~ напряженностей создаваемых другими зарядами в данной точке.

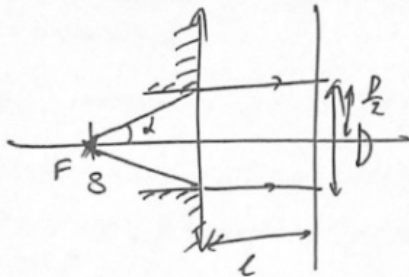
$$\vec{E}_{P3} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i, \quad \text{где } N \rightarrow \text{кол.во зарядов в системе}$$

4.1.1. Задача

Задача 4.1.1.

$$\begin{array}{l} l = 8 \text{ см} \\ D = 5 \text{ см} \\ d = 2 \text{ см} \\ \hline F = ? \end{array}$$

1)

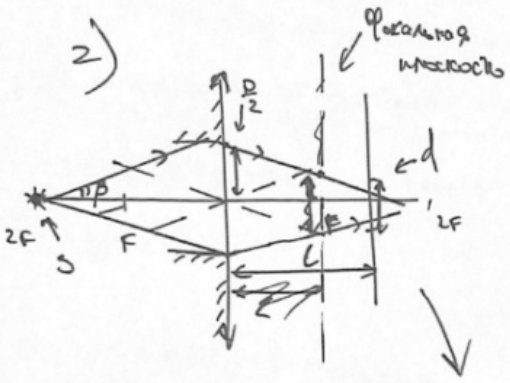


Т.к. закон сохранения энергии  
для шарнира  
 $6F$ ,  
то все силы  
+ моменты по оси  
мысли подыскать  
капальным  $FOO$ .

~~Статист~~, если  $D = 5 \text{ см}$ ,  
значит  $D_A = 5 \text{ см}$ .

$$\tan \alpha = \frac{D}{2F}$$

2)

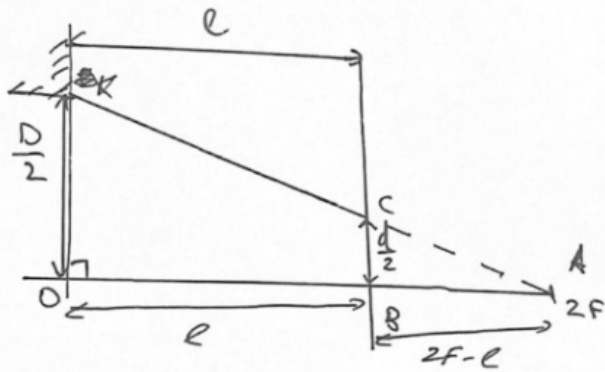


$$\tan \beta = \frac{D}{4F}$$

тогда нулевая ось мысли

$\triangle ACB \sim \triangle AKO$

но стороны углы и стороны



$$\frac{2F-l}{2F} = \frac{d/2}{D/2}$$

$$\begin{aligned} (2F-l)D &= 2dF \\ 2DF - Dl &= 2dF \end{aligned}$$

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

$$F = \frac{Dl}{2(D-d)}$$

$$F = \frac{5 \text{ см} \cdot 8 \text{ см}}{2 \cdot 2 \text{ см}} = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ М}$$

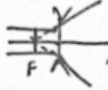
Ответ: 0,1 М

Страница 12

## Вопрос 4.11.

Чистовик

Фокусное расстояние линзы — характеристика тонкой линзы,



~~определяется~~ является расстоянием от опт. центра линзы, до точки пересечения лучей, идущих параллельно  $OO$  с о линзы. (обратный)

Для собирающей линзы берётся со знаком "+", для рассеивающей "-".

$$[F] = \frac{1}{\text{м}}$$

Если лучи <sup>параллельны</sup> лучок света параллельно  $OO$  рассеивающей линзы, то после прохождения, продолжения этих лучей пересекутся до линзы на расстоянии  $F$ .

Оптическая сила тонкой линзы — величина обратная фокусному расстоянию

линзы, измеренному в метрах. Опт. сила собирающей линзы берётся

$$[D] = \frac{1}{\text{м}} = \text{дптр.}$$

со знаком "+", опт. сила рассеивающей

линзы берётся со знаком "-".

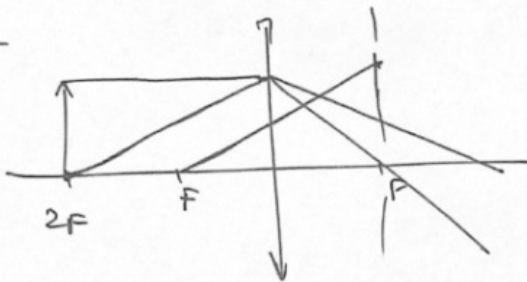
1 дптр → оптическая сила тонкой линзы, с фокусным расстоянием 1 м.



$$\frac{K_{H_2}}{4} = \frac{1000}{2600} = \frac{1}{2.6} \frac{H}{C}$$

$$\begin{array}{r} 41 \\ \times 373 \\ \hline 1238 \\ 1111 \\ \hline 2238 \end{array}$$

$373 \times 6$



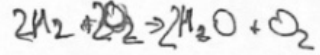
$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 373 \\ \hline 2511 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 373 \\ \hline 2984 \end{array}$$

Упроблема.

$\rho_{O_2} = 0,23 \text{ г/л}$

~~2H2 + O2~~



3.8.2

$373 \times 22600 + 140 + 6$   
 $1000 - 746 = 254$     246

$$K = \frac{1}{4 \pi r^2 \epsilon_0}$$

$$\begin{array}{r} 10.0000 \\ \underline{746} \\ 2540 \\ \underline{2238} \\ 3020 \\ \underline{2984} \end{array}$$

268

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 29,20 \\ \hline 1831 \\ 2920 \\ 18260 \\ 23960 \\ \hline 293,6520 \end{array}$$

243,7

$$\begin{array}{r} 213 \\ \times 243,700 \\ \hline 9875 \\ 1218570 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,050 \\ \times 0,018 \\ \hline 0400 \\ 0050 \\ 0000 \\ 0000 \\ \hline 0,000900 \end{array}$$

$0,0009 \text{ г} = 0,9 \text{ мкг}$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 324 \\ \hline 213 \\ 243,700 \\ 0,875 \\ \hline 11218500 \\ 1505900 \\ 493000 \\ \hline 235607500 \end{array}$$

$268 - 236 = 32 \frac{\text{г}}{\text{г}}$

256,6

$$\begin{array}{r} 293 \\ \times 32 \\ \hline 586 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 293 \\ \hline 182 \\ 586 \\ 873 \\ \hline 76 \end{array}$$

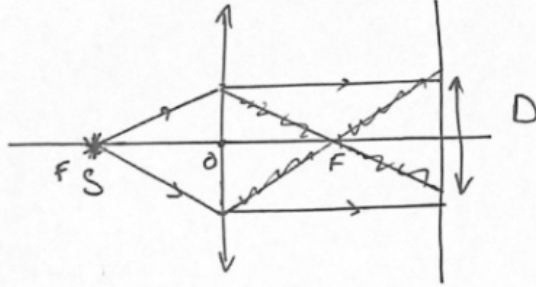


Задача 4.1.1.

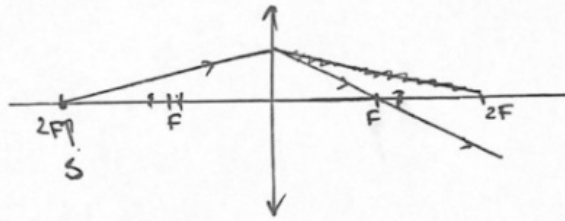
$l = 8 \text{ cm}$   
 $D = 5 \text{ cm}$   
 $d = 3 \text{ cm}$   
 $F = ?$

Упрощение

1)



2)



$0,005 = 10^{-3} \cdot 5$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 244 \\ \hline 1220 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 29,31 \\ \hline 12930 \\ 18290 \\ 23440 \\ \hline 243,4830 \\ \downarrow \end{array}$$

$29,3 \cdot 8,31 \cdot 0,05$

$$\begin{array}{r|l} 12,2000 & 2330 \\ \hline 11650 & 0,005 \cdot 2 \\ \hline 5500 & \end{array}$$

12200

$$\begin{array}{r} 2330 \\ \times 5 \\ \hline 11650 \end{array}$$

Вопрос      Задача 1.2.1

Пусть параллельным телу в пространстве  $\vec{r}$ , тогда перемещение, совершаемое за  $\Delta t \rightarrow \Delta \vec{r}$ , таким образом  $\vec{v} = \frac{(\vec{r} + \Delta \vec{r}) - \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$        $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

~~Скорость — это отношение перемещения тела в пространстве к~~

Скорость  $\rightarrow$  отношение изменения положения тела в пространстве к течению времени, к этому времени.

В СИ,  $[\vec{v}] = \frac{м}{с} \rightarrow$  тело ~~двигается~~ <sup>движется равномерно,</sup> ~~двигается~~ <sup>двигается</sup> в данной СО,  $\vec{v}$  на  $1 м$  за  $1 с$  движется со скоростью  $1 \frac{м}{с}$ .

~~Пусть~~ Пусть одно из ~~двух~~ <sup>двух</sup> тел покоится (или движется равномерно) <sup>НСО</sup>, тогда скорость второго тела относительно ~~второго~~ будет равна векторной сумме скорости  $\vec{v}_{20}$  тела  $0_{СН}$ ,  $\vec{v}_{10}$  тела  $\neq 0$  скорости  $\vec{v}_{10}$  тела относительно НСО.

Записывается так.

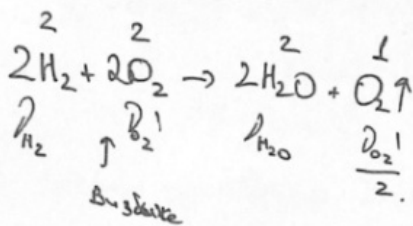
$$\vec{v}_{2/НСО} = \vec{v}_{2/1_{СН}} + \vec{v}_{1_{СН}/НСО}$$

$$\vec{v}_{2/СН} = \vec{v}_{2/1_{СН}} + \vec{v}_{1_{СН}/СН}$$

Задача 2.8.1.

Метод

$V = 0,1 \text{ м}^3$   
 $p_1 = p_2 = 0,05 \text{ моль}$   
 $p_2 = 1 \text{ моль}$   
 $t = 20^\circ\text{C}$   
 $T = 293 \text{ K}$   
 $p_n = 2330 \text{ Па}$   
 $\omega(\text{O}_2) = 0,23$   
 $\varphi = ?$



$p_{\text{O}_2} = \omega(\text{O}_2) \cdot p_2$

$T_r = 373 \text{ K}$

изначально в смеси.

$p_{\text{H}_2} + p_{\text{O}_2}; p_2 = 0,23 p_2 + 0,77 p_2$

пока смесь.

$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{H}_2}$   
 $p_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{p_{\text{O}_2}}{2} + 0,77 p_2$

исходно  $p_{\text{O}_2}$

$N_1, p, T$   
 $V = \text{const.}$   
 $\frac{p}{T} = \text{const.}$

$pV = \nu RT$   
 $p = \frac{\nu RT}{V}$

R константа

$0,05 \text{ моль} + 0,205 \text{ моль} + 0,77 \text{ моль}$   
 $\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow$   
 вода кислород оставшаяся часть

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

$M(\text{H}_2\text{O}) = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,0009 \text{ кг}$

$0,05 \text{ моль} + 0,975 \text{ моль}$   
 $\uparrow \quad \uparrow$   
 вода сухой остаток

$\rightarrow 0,975 p_2$  — сухой остаток, не в смеси

при  $T = 100^\circ\text{C}$ , вода вода → пар и насыщенный пар

$p_{\text{B,н}} + \frac{0,975 p_2 RT}{V} = \frac{T}{T_r} (p_{\text{B,н}} + \frac{0,975 p_2 RT}{V})$

$\frac{p_{\text{B,н}}}{p_{\text{н,н}}} = 10 \frac{5}{9}$

$p_{\text{B,н}} = \frac{T}{T_r} (p_{\text{B,н}} + \frac{0,975 p_2 RT}{V}) - \frac{0,975 p_2 RT}{V}$

$p_{\text{B,н}} = T \left( \frac{p_{\text{B,н}}}{T_r} + \frac{0,975 p_2 R}{V} - \frac{0,975 p_2 RT}{V} \right) = T \left( \frac{p_{\text{B,н}}}{T_r} + \frac{0,975 p_2 R}{V} (1 - T) \right)$

$\varphi = \frac{p_{\text{B,н}}}{p_{\text{н,н}}}$

$p_{\text{B,н}} = T \left( \frac{p_{\text{B,н}}}{T_r} + \frac{0,975 p_2 R}{V} (1 - T) \right)$

$p_{\text{B,н}} = 293 \text{ K} \left( \frac{10 \frac{5}{9} \text{ Па}}{373 \text{ K}} - \frac{0,975 \text{ моль} \cdot 8,31}{0,1 \text{ м}^3} \cdot (293 \text{ K}) \right)$

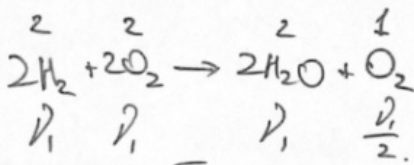
$p_{\text{B,н}} = 293 \text{ K} \left( \frac{268 \frac{\text{Па}}{\text{К}}}{\text{К}} - \frac{236 \frac{\text{Па}}{\text{К}}}{\text{К}} \right)$

$p_{\text{B,н}} = ?$

Сравнение 4

Задача  
2.8.1

~~$V = 0,1 \text{ м}^3$   
 $\nu_1 = 0,05 \text{ моль}$   
 $\nu_2 = 1 \text{ моль}$   
 $t = 20^\circ \text{C}$   
 $P_H = 2330 \text{ Па}$   
 $\omega(\text{O}_2) = 0,23$   
 $\varphi(20^\circ \text{C}) = ?$~~



Условие

направляется энергия  $\nu_{\text{пред O}_2} = 0,05 \text{ моль}$

В сосуде изначально было  $\nu_1 + \nu_2$  в-ва.

~~после реакции~~

$\nu_1 + \nu_{\text{пред O}_2} + \nu_{\text{ост O}_2} + \nu_{\text{ост H}_2}$   
 ↑ абсорбция ↑ испарение ↑ конденсация  
 0,18 моль (не направляется для реакции, конденсация)  
 0,77 моль

после реакции

$\nu_1 + \frac{\nu_{\text{пред O}_2}}{2} + 0,95 \nu_2$   
 ↑ когда ↑ испарение после реакции ↑ остаток конденсат

$0,95 \nu_2 = \nu_2'$

$P_{B.H.}$  при  $t = 200^\circ \text{C}$ ,  
 $P_{B.H.} = P_0 = 10^5 \text{ Па}$

$\nu_1 = 0,975 \nu_2$  ← по формуле

В сосуде при  $t = 20^\circ \text{C}$ , ( $T = 293 \text{ K}$ )

$P_{\text{общ}} = P_{B.H.} + P_r$

$(P_{B.H.} + P_r) \cdot V = (\nu_1 + 0,95 \nu_2) R T$

$P_{B.H.} = P_r = \frac{\nu_1 R T}{V}$   
 $P_{B.H.} = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ K}}{0,1 \text{ м}^3}$   
 $P_{B.H.} = 12,2 \text{ Па}$

$\varphi(20^\circ \text{C}) = \frac{12,2 \text{ Па}}{2330 \text{ Па}} \approx 0,0052$

$\varphi \cdot 100\% \approx 0,52\%$

Ответ: 0,52%

Страница 5

Вопрос Задача 2.8.1

Часы

Виды парообразования 1) Испарение  
2) Кипение

Испарение Жидкие вещества испаряются всегда, если находится в контакте с атмосферой, зависит.

Испарение → процесс ~~превращения~~ испарения превращения частицами жидкости в газ, для этого, чтобы покинуть жидкость, и стать ~~жидкостью~~ газом.

Кипение → испарение по всему объёму; происходит, когда давление внутри жидкости становится равным давлению н.п. этой жидкости при данной температуре.

для воды  $p_{н.п.} = 10^5 \text{ Па}$ , при  $t_{н.п.} = 100^\circ \text{C}$

Удельная теплота парообразования - количество энергии, которое необходимо затратить на 1 кг жидкости при  $t_2 = t_{н.п.}$ , чтобы изменить её агрегатное состояние с жидкого на газообразное.

обычно обозначают буквой  $r$ , или  $L$

$$[r] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = r m$$

по 3.С.Э. количество энергии, затраченной на испарение 1 кг. вещества, будет равно количеству теплоты, которое затрачено здесь на превращение жидкого вещества в газ.

Страница 6



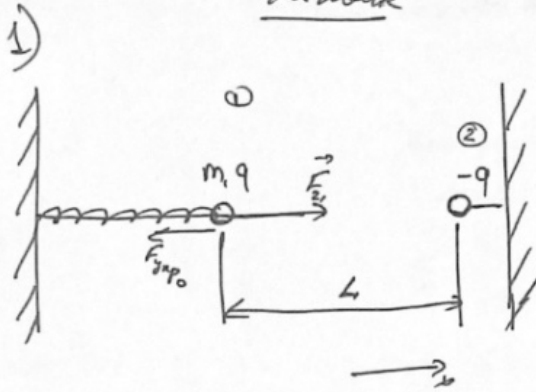
Задача  
3.8.2

$M = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$   
 $q = 10^{-6} \text{ Кл}$   
 $-q = -10^{-6} \text{ Кл}$   
 $L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$   
 $\nu = 1,47 \text{ Гц}$   


---

 $k = ?$   
 $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

Условие



$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

В состоянии ①

~~$F_2 = F_{\text{уп}}$~~   $F_2 + F_{\text{уп}} = 0$

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$\frac{k_1 q_1 q_2}{r_1^2} = \frac{k_2 q_1 q_2}{r_2^2} \leftarrow \frac{k q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = k \Delta x_0$$

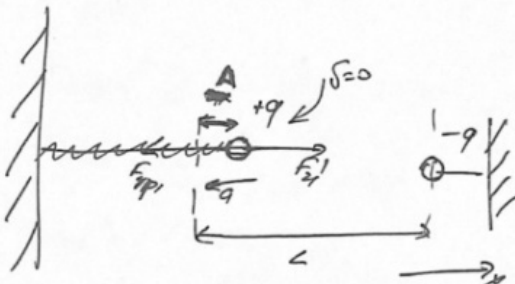
Уравнение гармонического колебания.

$$a + x\omega^2 = 0$$

$$a + A\omega^2 = 0 \quad \leftarrow A \text{ — амплитуда колебаний}$$

$$a = -A\omega^2 \quad A = -\frac{a}{\omega^2}$$

Рассмотрим среднее положение шарика ①



Заменим 2.3. Ньютонова 2-я аксиома ①

$$\frac{k \Delta x_0 L^2}{(L-A)^2} = k(\Delta x_0 + A) + m\omega^2$$

$$\frac{k \Delta x_0 L^2}{(L-A)^2} - k \Delta x_0 = kA + m\omega^2$$

$$k \Delta x_0 \left( \frac{L^2}{(L-A)^2} - 1 \right) = A(k + m\omega^2)$$

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{\text{уп}} = m\vec{a}$$

на ОУ

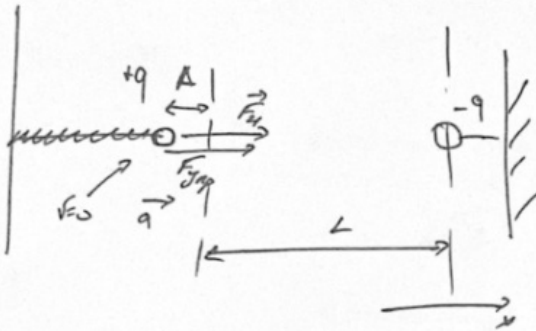
$$F_{21} - F_{\text{уп}} = -m\omega^2$$

$$F_{21} = F_{\text{уп}} - m\omega^2$$

$$\frac{k_1 q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 (L-A)^2} = k(\Delta x_0 + A) - m\omega^2$$

$$\frac{k_1 q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 (L-A)^2} = k(\Delta x_0 + A) + m\omega^2$$

Рассмотрим крайние обе положенные шарика. исходно



Законим 2.5. Нютона 2-го

кратко  $\vec{F} = m\vec{a}$

$$\vec{F}_2 + \vec{F}_{гг} = m\vec{a}$$

на ОУ

$$F_2 + F_{гг} = m\vec{a}$$

$$\frac{k\Delta x_0 L^2}{(L-A)^2} + k(\Delta x_0 - A) = m\vec{a}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{k\Delta x_0 L^2}{(L-A)^2} &= k\Delta x_0 L^2 \\ \frac{k\Delta x_0 L^2}{(L-A)^2} &= k(\Delta x_0 + A) + m\Delta\omega^2 \\ \frac{k\Delta x_0 L^2}{(L+A)^2} + k(\Delta x_0 - A) &= -m\Delta\omega^2 \end{aligned} \right.$$

Решим поочередно систему уравнений.

$$k\Delta x_0 L^2 \left( \frac{1}{(L-A)^2} + \frac{1}{(L+A)^2} \right) = k\Delta x_0 + kA$$

$$k\Delta x_0 L^2 \left( \frac{1}{(L-A)^2} + \frac{1}{(L+A)^2} \right) = 2kA$$

$$\Delta x_0 L^2 \left( \frac{1}{L-2A} + \frac{1}{L+2A} \right) = 2A$$

$$\Delta x_0 L^2 \left( \frac{L+2A + L-2A}{L^2 - 4A^2} \right) = 2A$$

$$\frac{\Delta x_0 L^2}{L^2 - 4A^2} = A$$

Справка 8



Условия

~~Полоса равновесия~~ крайнее

~~$q + kx\omega^2 = 0$~~

$q + A\omega^2 = 0$

$\omega^2 = 4\pi^2 \nu^2$   
 $q = -4\pi^2 \nu^2 B$

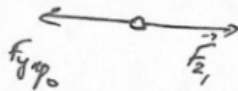
В положении равновесия

по 3 закону Ньютона

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

$a=0$

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$



~~$F_{1p} = F_1$~~   $k \Delta x_0$

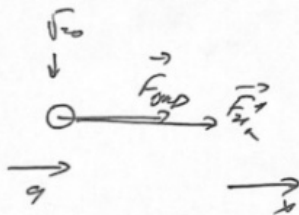
$\frac{|q_1 q_2|}{4\pi \epsilon_0 L^2} = k \Delta x_0$

В крайнем левом положении

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

по 3 закону Ньютона

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

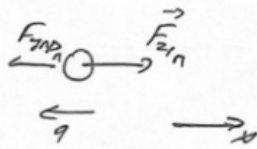


$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{g}$

по 3 закону Ньютона

$\frac{|q_1 q_2|}{4\pi \epsilon_0 (L+A)^2} = k(\Delta x_0 - A) = m g$

В крайнем правом положении



$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{g}$

$\frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 (L-A)^2} - k(\Delta x_0 + A) = -m g$

$\frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 (L-A)^2} - \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 L^2} = kA - m g$

$\frac{q^2}{4\pi \epsilon_0} \left( \frac{1}{(L-A)^2} - \frac{1}{L^2} \right) = kA - m g$

Справка 9

Вывести уравнения поперечных для среднего стержня,  
и крайнего правого поперечных.

Условия

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{(L+A)^2} + \frac{1}{L^2} - \frac{1}{(L-A)^2} + \frac{1}{L^2} \right) = 2m\alpha$$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{2L^2} + \frac{1}{(L+A)^2} - \frac{1}{(L-A)^2} \right) = -8m\alpha^2 L^2 A$$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{2L^2} + \frac{(L-A)^2 - (L+A)^2}{(L+A)^2(L-A)^2} \right) = -8m\alpha^2 L^2 A$$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{2L^2} + \frac{(L-A - L - A)(L-A + L + A)}{(L+A)^2(L-A)^2} \right) = -8m\alpha^2 L^2 A$$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{2L^2} - \frac{4AL}{(L+A)^2(L-A)^2} \right) = -8m\alpha^2 L^2 A$$

