



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Сапельников Евгений Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **80**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9864451

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>6</i>	<i>15</i>	<i>80</i>
Вопрос	<i>5</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	

1)

$$S = 100 \text{ м}$$

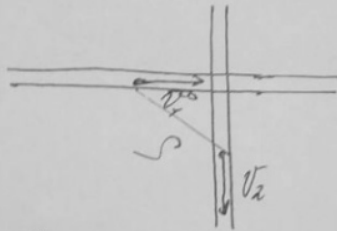
$$t = 10 \text{ с}$$

$$S_2 = 2S$$

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

$$v_1 = ?$$

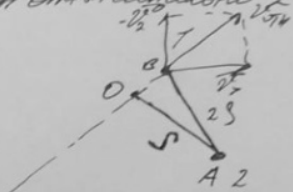
Условие



1) свлеса системы отсчета 10 2 авто.
По закону сложения скоростей.
Тогда скорость v относительно 2 равна

$$v_{отн} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

(п.х. дороги \perp)



Тогда 1 относительно 2 движется по прямой
вдоль $\vec{v}_{отн}$.

Пусть точка А - 2 авто. (п.х. О) - 1 авто при
максимальном расстоянии, (п.х. В) - координаты
врез τ .

Тогда по П. Пифагора:

$$BA^2 = OB^2 + OA^2$$

$$OA = S; \quad AB = S_2 \quad OB = v_{отн} \cdot t = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \cdot t$$

$$S_2^2 = S^2 + (v_1^2 + v_2^2) \cdot t^2$$

$$4S^2 - S^2 = (v_1^2 + v_2^2) \cdot t^2$$

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

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

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 100^2}{10^2} - 10^2} = \sqrt{300 - 100} = \sqrt{200} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) = 10 \cdot \sqrt{2} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

(9)

$$= 3,6 \cdot 10 \sqrt{2} \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right) = 36 \sqrt{2} \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right)$$

Эммануил

$$\text{Ответ: } 36 \sqrt{2} \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Вопрос

Скорость - это отношение пройденного пути за время $\Delta t \rightarrow 0$ к продолжительности этого промежутка Δt (быстрота изменения пути)

Закон сложения скоростей:

Скорость тела относительно неподвижной системы отсчёта равна векторной сумме скорости тела в подвижной ^{т.е. подвижной (относительно неподвижной)} системе отсчёта и скорости тела в подвижной системе отсчёта.

$$\vec{V} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_2$$
, где \vec{V} - скорость тела в неподвижной С.О., $\vec{V}_{\text{отн}}$ - скорость подвижной системы отсчёта относительно неподвижной, \vec{V}_2 - скорость тела в подвижной системе отсчёта.

(2)

Зерновид

$\Delta x \ll 1 \Rightarrow$ можем использовать для $F_{эл.} \Rightarrow$

$$a_x = -K \Delta x - \frac{q^2 \cdot \epsilon_0 \cdot 4\pi}{12}$$

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

$$\frac{-K \Delta x - \frac{q^2 \cdot \epsilon_0 \cdot 4\pi}{12}}{m} + 4\pi^2 \nu^2 \Delta x = 0$$

П.к. изменение $\Delta F_{эл}$ во время колебания $\rightarrow 0$, но мы можем считать её постоянной \Rightarrow она не влияет на частоту колебания
 Тогда запишем:

$$\frac{-K \cdot \Delta x + 4\pi^2 \nu^2 \Delta x}{m} = 0 / \Delta x$$

$$\frac{-K}{m} = -4\pi^2 \nu^2$$

$$K = 4\pi^2 \nu^2 \cdot m$$

$$K = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,07 = 39,4384 \cdot 2,1609 \cdot 0,07 = 0,85 \left(\frac{H}{m}\right)$$

Ответ: $0,85 \frac{H}{m}$

39,4384

$$\begin{array}{r} 39,4 \\ \times 216 \\ \hline 2364 \\ + 394 \\ \hline 788 \\ + 1 \\ \hline 85004 \\ \hline \end{array}$$

(11)

3.82

Вопросы.

Сурьевик

Напряжённость эл. поле в данной точке пространства - это сила, с которой электрической поле действует на единичный положительный заряд, помещённый в данную точку поля.

Понятие суперпозиции электрических полей означает, что результирующая напряжённость эл. поля в данной точке равна векторной сумме напряжённостей электрических полей, создаваемых в данной точке несколько источниками и токовыми элементами.

$$\vec{E}_0 = \sum_i \vec{E}_i; \quad \vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$

Дано:

$$m = 10^{-2} = 0,01 \text{ кг}$$

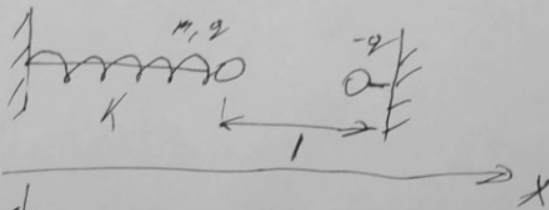
$$L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$f = 7,97 \text{ Гц}$$

$$q_1 = q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -q$$

K = ?



1) массы маленькие \Rightarrow будем считать их материальными точками.

Колесание гармонические \Rightarrow

$a_x + \omega^2 \cdot X = 0$, где ΔX - смещение от положения равновесия

$$a_x = \frac{F_{\text{упр}} + F_{\text{эл.}}}{m}$$

$$F_{\text{упр}} = -K \Delta X; \quad F_{\text{эл.}} = \frac{|q_1 \cdot q_2| \cdot \epsilon_0 \cdot 4\pi}{(1+\Delta X)^2}$$

$$a_x = -K \cdot \Delta X + \frac{q^2 \cdot \epsilon_0 \cdot 4\pi}{(1+\Delta X)^2} = -K \Delta X - \frac{q^2 \cdot \epsilon_0 \cdot 4\pi}{1+\Delta X}$$

(2)

3.82.

Дано:

$m = 0,01 \text{ кг}$

$g = 10^6 \text{ Кл}$

$q_2 = -q$

$L = 0,01 \text{ м} = 0,5 \text{ см}$

$f = 1,4 \times 10^4 \text{ Гц}$

$K = ?$

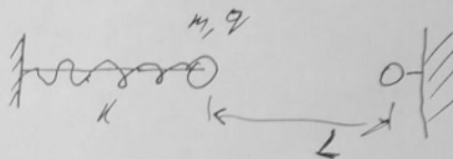
циклоскоп

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

$\frac{901}{99} = 0,1$
 $3,2,4,5$

$\times 39,4$
 $\times 2,2$

$\frac{788}{788}$
 $\frac{86,68}{86,68}$



колебания гармонические \Rightarrow

по закону гармонических колебаний:

$a_x + \omega^2 \Delta x = 0$

$\omega = 2\pi \nu$

$\omega = 2\pi \nu$

$a_x = -\frac{F}{m}$

$a_x = -\frac{F}{m}$

$\frac{3,14}{3,14}$
 $\frac{7256}{7256}$
 $\frac{7319}{7319}$
 $\frac{542}{542}$

В положении равнов.

$\frac{K \cdot \Delta x}{m \cdot \Delta x}$

$a_x = \frac{F_{упр}}{m} = \frac{K \cdot \Delta x}{m}$

$\frac{K}{m} = \frac{K \cdot \Delta x}{m \cdot \Delta x}$

$\frac{9}{9}$
 $\frac{394}{394}$
 $\frac{984}{984}$

сила, действующая на массу.

$\frac{3,14}{3,14}$
 $\frac{7319}{7319}$

$a_x = F_{упр} - F_{эл} = +K \cdot \Delta x + \frac{K q^2}{(l + \Delta x)^2} = K \cdot \Delta x + \frac{K q^2}{l + 2\Delta x}$

$\frac{m}{m} = \frac{1}{c^2}$

$\Delta x \ll l \Rightarrow$ можно не пренебрегать

$\frac{1,47}{1,47}$
 $\frac{1,47}{1,47}$

$a_x = K \cdot \Delta x + \frac{K q^2}{l^2}$

$l = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0} \cdot 4\pi$

$a = \frac{F_{упр}}{m} = \frac{K \cdot \Delta x}{m}$

$a(x) + \omega^2 \Delta x = 0$

$K \Delta x + \frac{K q^2}{l^2} + 4\pi^2 \nu^2 \Delta x = 0$

$\frac{K q^2}{l^2} = \frac{m}{m} = \frac{m}{c^2}$

$\frac{1}{l^2} = \frac{m}{m \cdot c^2}$

$a_x + K \Delta x = 0$

$\Delta x =$

$\Delta x =$

(13)

Задача.

$$36^2 - 2436^2 = 36^2$$

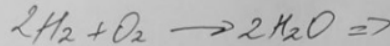
$$20 \cdot 100 + 100 = 300 \quad \sqrt{300}$$

$$200^2 = \sqrt{100^2 + 300 \cdot 100} = 100 \sqrt{4} = 200$$

Объем: $36 \sqrt{2}$ км³

$$\begin{array}{r} 12200 \overline{) 2330} \\ - 12200 \\ \hline 5500 \\ - 2330 \\ \hline \end{array}$$

При сгорании водорода происходит реакция:



При сгорании 2 молекул водорода образуется 2 молекулы воды \Rightarrow масса

Значит, весь ли водород горит, т.е. хватает ли кислорода

Нужное для сгорания кол-во кислорода равно V_1 .

2) $V = 0,1 \text{ м}^3$

$V_1 = 0,05 \text{ моль}$

$V_2 = 1 \text{ моль}$

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

$P_H = 2330 \text{ Па}$

$n = 23\% = 0,23$

$f = ?$

$n_{\text{воздуха}} = 0,029$

$n_{O_2} = 0,032 \cdot 6 = 0,192 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3}$

$V_{O_2} = V_1 \cdot 0,032 = 0,05 \cdot 0,032$

Нужная масса воздуха $V_2 \cdot n_{\text{воздуха}} = 0,029 \cdot 1$.

Найдём массу O_2 .

$m_{O_2} = m_B \cdot 0,23 = 0,029 \cdot 0,23$

$0,029 \cdot 0,23 > 0,05 \cdot 0,032 \Rightarrow$ В воздухе

столько O_2 сколько

$f = \frac{P_{H_2O}}{P_H} = \frac{1220}{2330}$

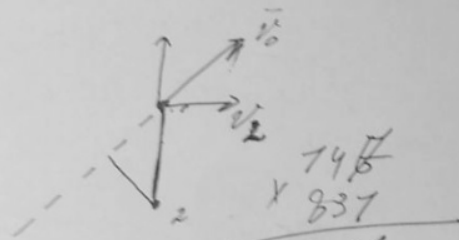
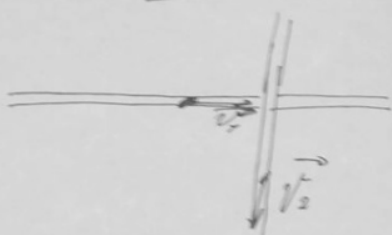
$V_{H_2O} = V_1$

$P_{H_2O} V_1 = V_{H_2O} \cdot R \cdot T$

$P_{H_2O} = \frac{V_{H_2O} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1}$ (4)

Решение

1)



$$\begin{array}{r} 147 \\ \times 1837 \\ \hline 147 \\ 441 \\ 1176 \\ \hline 122157 \end{array}$$

1) Найти суммарную скорость v_0 в абсо

$$\begin{array}{r} 11810 \overline{) 230} \\ -11650 \\ \hline 160 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 147 \\ \times 837 \\ \hline 147 \\ 441 \\ 1176 \\ \hline 122157 \end{array}$$

1) $S_1 = 100 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 12210 \overline{) 2330} \\ -11650 \\ \hline 5600 \end{array}$$

2) $S_2 = 200 \text{ м}$
 $S_2 = \sqrt{S_1^2 + v_0^2 \cdot t^2}$; $v_0 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$

$$S_2 = \sqrt{S_1^2 + (v_1^2 + v_2^2) \cdot t^2}$$

$$S_2^2 = S_1^2 + (v_1^2 + v_2^2) \cdot t^2$$

$$\sqrt{\frac{S_2^2 - S_1^2}{t}} - v_1 = v_2$$

$$\sqrt{\frac{200^2 - 100^2}{10}} -$$

$$\sqrt{\frac{200^2 - 100^2}{10^2}} - 10 = v_2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{20000 - 10000}{100}} - 10 = \sqrt{300} - 10 = \sqrt{200} \text{ м/с}$$

$$3,6 \cdot 100 = \sqrt{200 \cdot 36^2}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 216 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 108 \\ \times 8 \\ \hline 864 \end{array}$$

$$36 \cdot \sqrt{2}$$

$$\begin{array}{r} 147 \\ \times 293 \\ \hline 441 \\ 1293 \\ 294 \\ \hline 42777 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42777 \\ \times 837 \\ \hline 42777 \\ 342222 \\ 342222 \\ \hline 35842118 \end{array}$$

(3)

4.1.1.

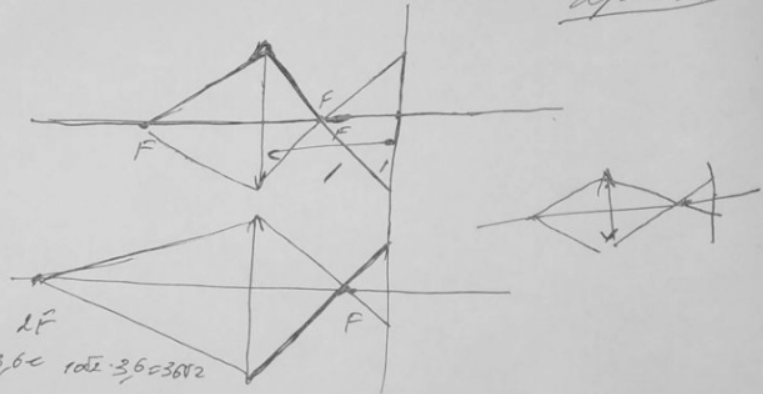
$l = 8 \text{ cm}$

$D = 5 \text{ cm}$

$d = 3 \text{ cm}$

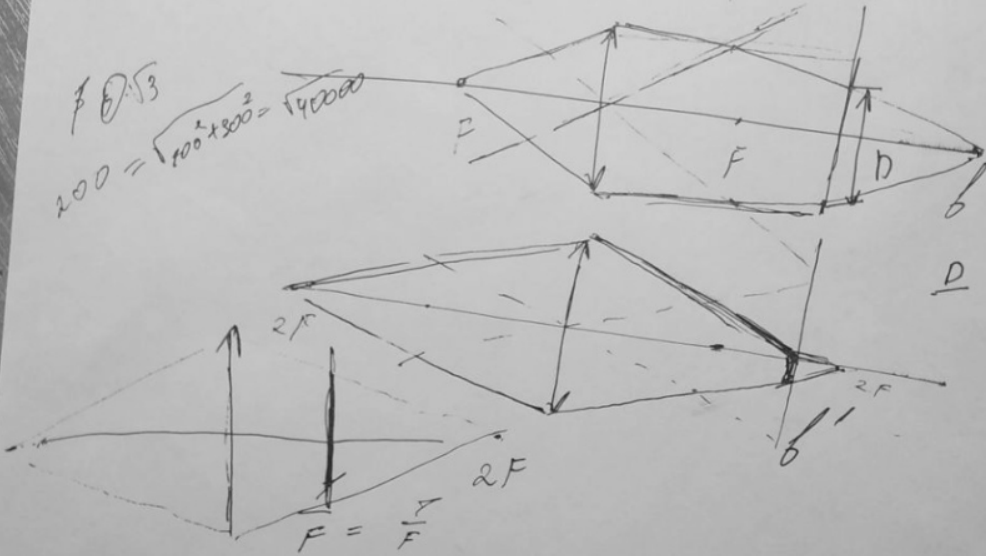
$F = ?$

Эквивалент



$300 \cdot 30 - 100$
 $\sqrt{200} \cdot 3,6 \text{ cm} \cdot 10^2 = 36 \cdot 10^2$

$200 = \sqrt{100^2 + 300^2} = 316,22$



$\frac{2F}{2F-1} = \frac{D}{d}$

$\frac{20}{20-1} = \frac{5}{3}$

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

диаметр линзы равен D.

$F = \sqrt{\frac{D \cdot l}{2d}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 84}{2 \cdot 3}} = \sqrt{\frac{20}{3}}$

$\frac{5}{3} = \frac{20}{20-1}$
 $5(20-1) = 3 \cdot 20$
 $100 - 5 = 60$
 $95 = 60$
 $35 = 0$

$F = \frac{D \cdot l}{d} = \frac{5 \cdot 84}{2 \cdot 3} = \frac{20}{3} = 6 \frac{2}{3} \text{ (cm)}$
 $\frac{42}{3} = 14$
 $\frac{10}{3} = 3 \frac{1}{3}$
 $3 \cdot 36 = 108$
 $(36 \cdot \sqrt{3})^2 \cdot 10$

(16)

2. 81.

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$V_T = 0,05 \text{ моль}$$

$$V_2 = 1 \text{ моль}$$

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

$$P_H = 2330 \text{ Па}$$

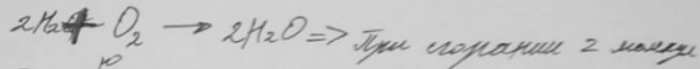
$$\eta = 23\% = 0,23$$

f - ?

задача

водорода

1) Три стoлoннe ~~воздуха~~ ^{водорода} ~~кoнслeдуют~~ ^{кoнслeдуют} ~~рeакции:~~



H_2 oбpaзyет 2 мoлeкyлы вoдoй.

Сoстaв нyжнoгo $\Rightarrow V_{\text{кoнст}}$.

2) Знaем, вce м ^и вoдopoд сoстoит, т.е. зaвoдим м ^и кислoрoдa.

Мaлeнькaя мaссa мoлeкyлы кислoрoдa:

$$M_{\text{O}_2} = M_{\text{O}} + M_{\text{O}} = 0,016 + 0,016 = 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Нyжнoе злe сoстoит нoлнoгo нyжнo кoл-во вoдopoдe рaвнoе $\frac{V}{2}$ (т.к. из 1 мoлeкyлы O_2 кoнслeдуют 2 мoлeкyлы H_2O).

$$m_{\text{вoздуха}} \approx 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Нyжнaя злe рeакции мaссa кислoрoдa:

$$m_{\text{O}_2} = \frac{V}{2} \cdot 0,032 = 0,05 \cdot \frac{0,032}{2} = 0,05 \cdot 0,016 \text{ (кг)}$$

oбщaя мaссa вoздуха в oбъeмe

$$m_{\text{в}} = m_{\text{в}} \cdot V_2 = 0,029 \cdot 1 \text{ (кг)}$$

oбщaя мaссa кислoрoдa в вoздухе $m_{\text{O}_2 \text{ кoн}}$.

$$m_{\text{O}_2 \text{ кoн}} = m_{\text{в}} \cdot \eta = 0,23 \cdot 0,029.$$

$$0,23 \cdot 0,029 > 0,05 \cdot 0,016 \Rightarrow$$

$$m_{\text{O}_2 \text{ кoн}} > m_{\text{O}_2}.$$

Из знoгo слeдует, зтo кислoрoдa зaвoдим злe нoлнoгo сжигaннe вoдopoдa

(3)

3) Из этого следует, ^{зисмовим} это кол-во вещества
водяного пара после сгорания n_2 равно V_1 .

Будем считать водяной пар идеальным газом.
Тогда по ур. Менделеева-Клапейрона:

$$p_n \cdot V = \nu R T$$

$$p_n = \frac{\nu R T}{V}$$

$$p_n = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} \approx 1221,57 \text{ (Па)}$$

$$f = \frac{p_n \cdot 100\%}{p_H} = \frac{1221,57}{2330} \cdot 100\% \approx 50\%$$

Вопрос

Ответ: $\approx 50\%$

Парообразование - процесс перехода вещества
из жидкой состояния в газообразное.

Есть 2 вида парообразования:

1) испарение - процесс парообразования, происходящий при любой температуре в свободной поверхности
жидкости

2) кипение - процесс парообразования, происходящий при ~~такой~~ определённой температуре не только с поверхности жидкости, но и во всему объёму жидкости внутри образующая при этом пузырьки пара.

Теплота парообразования - это количество энергии пропорциональности между количеством

2.81 передающей и излучающей телом (при температуре = const) к массе испарившейся жидкости).

$$L = \frac{Q}{m} \quad [L] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

используем

3.82.

Гармоник

Дано:

$$m = 102 = 0,01 \text{ кг}$$

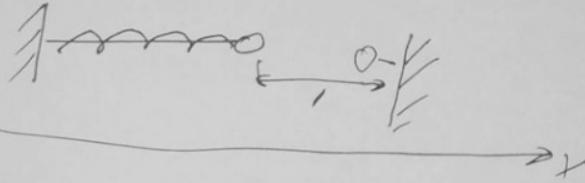
$$L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$F = 1,47 \text{ Гг}$$

$$q_1 = q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -q_2$$

x - ?



Амплитуды маленькие \Rightarrow будем считать
их материальными точками

Колесания гармонические \Rightarrow
 $\Delta x + \omega^2 \Delta x = 0$, где Δx - смещение от
положения равновесия

По 1 з К:

$$\vec{F}_{эл} + \vec{F}_{упр} = m \vec{a} \quad F_{упр} = -k \Delta x \quad \text{з. Гука}$$

$$Ox: \quad -k \Delta x - \frac{\varepsilon_0 q^2}{4\pi (1+\Delta x)^2} = a x$$

$$F_{эл} = \frac{\varepsilon_0 q^2 q^2}{4\pi (1+\Delta x)^2} \quad \text{з. Кулона}$$

$\Delta x \ll 1 \Rightarrow$ можем или пренебречь q^2 или $F_{эл} \Rightarrow$

$$F_{эл} \approx \frac{\varepsilon_0 q^2}{4\pi (1^2 + 2\Delta x)} \approx \frac{\varepsilon_0 q^2}{4\pi \cdot 1^2}$$

$$\omega^2 = (2\pi\nu)^2 = 4\pi^2 \nu^2 \quad \frac{2 \cdot \varepsilon_0 q^2}{4\pi \cdot 1^2}$$

$$a x + \omega^2 \Delta x = -k \Delta x - \frac{\varepsilon_0 q^2}{4\pi} + 4\pi^2 \nu^2 \Delta x = 0$$

П. 4. $\Delta F_{эл} \ll F_{эл}$ во все время колебания, но мы
можем считать её постоянной \Rightarrow не зависящую коле-
баний от неё не будем

(6)

3.82.

$$-\frac{K \Delta x}{m} + 4\pi \gamma^2 \Delta x = 0 \quad | : \frac{\Delta x}{m}$$

$$K = 4\pi \gamma^2 m$$

$$K = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,01 = 39,4384 \cdot 2,16 \cdot 0,01 \approx 0,85 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$$

Ответ: $\approx 0,85 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Вопрос

Напряженность э. поле в данной точке пространства - это сила, с которой электрическое поле действует на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

При сложении суперпозиции электрических полей следует, что суммарная напряженность, создаваемая несколькими источниками э. поле в данной точке пространства, равна векторной сумме напряженностей электрических полей, создаваемых в данной точке этими источниками.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$

\vec{E} - суммарная напряженность

(7)

4.11.

$$l = 8 \text{ см}$$

$$D = 5 \text{ см}$$

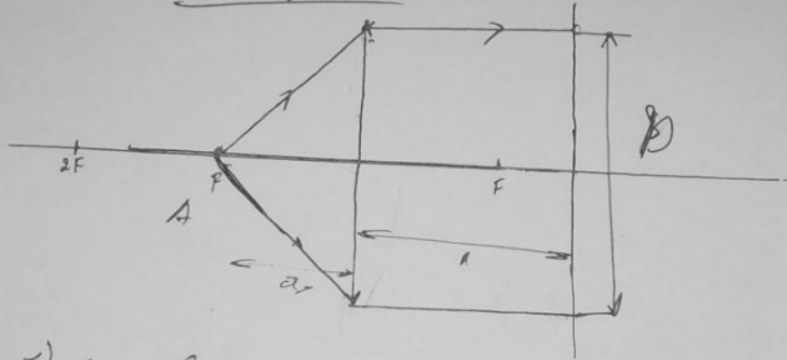
$$a_1 = F$$

$$a_2 = 2F$$

$$J = 3 \text{ см}$$

$$F = ?$$

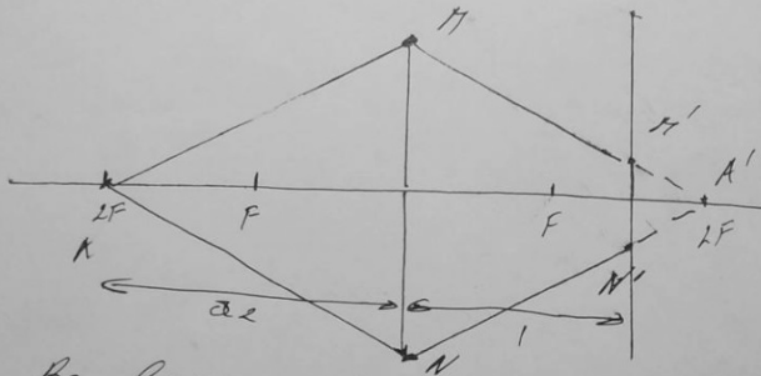
Условие



1) В первом случае т.к. изображен в фокусе, то лучи пойдут параллельно $J.O.O \Rightarrow$ диаметр линзы D равен диаметру самой линзы J

$$J = D = 5 \text{ см}$$

2)



Во втором случае т.к. расстояние от линзы до изображения равно $2F$, то лучи от соответствующего изображения пересекутся в точке A' на расстоянии $2F$ от линзы.

Рассмотрим $\triangle MA'N$ и $\triangle M'A'N'$

Они подобны по 2 углам ($\angle M = \angle M'$, $\angle N = \angle N'$ как соответственные при $MN \parallel M'N'$) \Rightarrow их высоты относятся как стороны MN (коэффициент подобия)

Высота $\triangle MA'N = 2F$; высота $\triangle M'A'N'$ равна $2F - l$

(3)

$$K = \frac{M'N'}{MN} = \frac{2F-1}{2F}$$

Задача

$$2F \cdot M'N' = MN \cdot 2F + MN \cdot 1; \quad MN = \beta = D; \quad M'N' = d$$

$$2F \cdot d = D \cdot 2F + D \cdot 1$$

$$2F(D-d) = D \cdot 1$$

$$2F = \frac{D \cdot 1}{D-d} = \frac{5 \cdot 8}{5-3} = 20$$

$$f = \frac{D \cdot 1}{2(D-d)} = \frac{5 \cdot 8}{2(5-3)} = 10 \text{ (см)}$$

Ответ: 10 см.

Вопрос.

Формула рассеяния линзы — это расстояние от ^{собирающей} центра линзы до точки на главной оптической оси, в которую все параллельные ^{сходящиеся} лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси (эта точка называется фокусом линзы). Для рассеивающей линзы это расстояние от ^{от центра линзы} центра ^{расходящихся} линзы до точки, в которой ^{продолжения} сходящиеся ^{лучей} лучи, падающие на линзу \parallel главной оптической оси.

Оптическая сила тонкой линзы — это величина, обратная фокусному расстоянию линзы.

(9)

Выпуклый рисунок предположим, что экран находится за фокусом. Однако выгнутый крайевый и для случая, когда экран находится ближе фокуса (это соответствует действительности)

