



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Васильев Ярослав Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **96**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9585524

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	15	15	15	15	<b>96</b>
Вопрос	9	9	9	9	



$$\Rightarrow \mu \frac{M}{h} g X = \frac{h N^2}{2 \mu^2 g^2 M} \left(1 - \frac{1}{h+1}\right) \Rightarrow \text{имеем}$$

$$\Rightarrow \mu \cdot \frac{M}{h} g X = \frac{h N^2}{2 \mu^2 g^2 M} \cdot \frac{h}{h+1} \Rightarrow X = \frac{h^3 \cdot N^2}{2 \mu^3 g^3 M^2 (h+1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = \frac{3^3 \cdot 28^2}{2 \cdot \left(\frac{3}{10}\right)^3 \cdot 10 \cdot (10^3)^3 \cdot 1^2 \cdot 2 \cdot 4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = 2 \mu \Rightarrow X = 0,5 \mu$$

Ответ:  $X = 2 \mu$     Ответ:  $X = 0,5 \mu$

Вопрос:

Интюль систем материалъных точек - это ~~система~~ система интюль в каждой из материалъных точек, (векторно)  $\vec{p}_i = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$   
 Закон сохранения интюль: интюль систем материалъных точек (мт) сохраняется, если система замкнута (внешние интюль отсутствуют или скомпенсированы)  $\sum \vec{p}_i = \text{const}$

1/2

$m = 5 \text{ кг}$   
 $V = 1 \text{ м}^3$   
 $t = 100^\circ \text{C}$   
 $S = 0,01 \text{ м}^2$   
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   


---

 $X$

$$T_0 = t + 273 \text{ К} \Rightarrow T_0 = 373 \text{ К}$$



Определим, сколько было воздуха нагр. до первоначальной  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow p_0 \cdot V = \nu \cdot R \cdot T_0 \Rightarrow p_0 = \frac{\nu R T_0}{V}$$

(или найти  $T_0$  количеством, движущимся  $p_0$ )

Для воздуха им:

$$p_0 \cdot V = \nu_a \cdot R \cdot T_0 \Rightarrow \nu_a = \frac{p_0 V}{R T_0}$$

(масса воздуха изначально в цилиндре)

Итак, то при таком перепадах пар, начинает конденсироваться, т.е. нужно поддерживать давление и температуру то неизменными, то это значит за счет уменьшения количества воздуха в паре =>

=> воздух конденсироваться вл => тогда на дне будет малая часть воды  $\rho_a \cdot V + \rho_0 \cdot Sx = \rho_0 \cdot V$ ,  
 т.е. это значит, что  $\rho_a + \frac{mg}{S} \cdot Sx = \rho_0 \Rightarrow \rho_a > \rho_0 - \frac{mg}{S}$   
 $\rho_a \cdot 2V = \rho_0 \cdot 2V \Rightarrow \rho_a \cdot 2K = \rho_0 \cdot 2K \Rightarrow \rho_a = \rho_0$

$$\rho_0 - \frac{mg}{S} = 10^5 \text{ Па} - \frac{5 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3}{1 \cdot 10^2 \text{ м}^2} \Rightarrow \rho_0 - \frac{mg}{S} = 10^5 \text{ Па} - \frac{50 \text{ м} \cdot \text{кг} \cdot 100}{\text{м}^2} \Rightarrow$$

=> понятно, что  $\rho_a < \rho_0 - \frac{mg}{S} \Rightarrow$

=> конденсировано ~~нет~~ не вл пар =>

=> тогда:  $\rho_a \cdot (V + Sx) = \rho_0 \cdot 2V$

~~$\rho_a \cdot Sx + \rho_a \cdot \frac{mg}{S}$~~   
 $\rho_a + \frac{mg}{S} = \rho_0$  (из равновесия поршня)  
 $\rho_0 \cdot (V - Sx) = \rho_0 \cdot 2V \Rightarrow$

=>  $(\rho_0 - \frac{mg}{S}) \cdot (V + Sx) = \rho_0 \cdot 2V \Rightarrow$

=>  $(\rho_0 - \frac{mg}{S}) \cdot (V + Sx) = \rho_0 \cdot 2V \Rightarrow \rho_0 V + \rho_0 \cdot x \cdot S - \frac{mg}{S} V - \frac{mg}{S} \cdot x \cdot S = \rho_0 \cdot 2V \Rightarrow$

=>  $\rho_0 \cdot x \cdot S - \frac{mg}{S} V - mgx = 0 \Rightarrow$

=>  $(\rho_0 S - mg) x = \frac{mg}{S} V \Rightarrow x = \frac{mg}{\rho_0 S - mg} \cdot \frac{V}{S} \Rightarrow$

=>  $x = \frac{5 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3}{1 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \frac{1}{100} \text{ м}^2 - 5 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3} \cdot \frac{50 \text{ м} \cdot \text{кг} \cdot 100}{100 \text{ м}^2} \Rightarrow x = \frac{50 \text{ м} \cdot \text{кг} \cdot 100}{100 \text{ м}^2 - 50 \text{ м} \cdot \text{кг}} \cdot \frac{1 \cdot 100 \text{ м}^2}{100}$

=>  $x = \frac{50}{950} \cdot \frac{1}{10} \text{ м} \Rightarrow x = \frac{5}{950} \text{ м} \Rightarrow x = \frac{1}{190} \text{ м} \Rightarrow x = \frac{100 \text{ м}}{190} \Rightarrow x = \frac{10}{19} \text{ см} \Rightarrow$   
 где  $x \approx 0,5 \text{ см}$

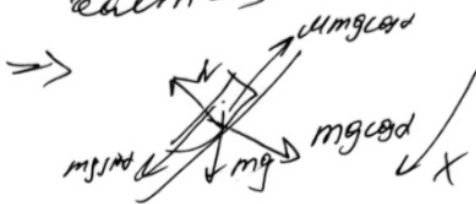
Вопрос: Влажность воздуха - это абсолютное значение плотности водяных паров, находящихся в воздухе. Относительная влажность воздуха - отношение <sup>абсолютности</sup> плотности водяных паров в воздухе к значению плотности насыщенного водяных паров при данной температуре.  $\varphi = \frac{p_{\text{в.п.}}}{p_{\text{н.п.}}} \cdot 100\%$

№3

- $m = 0,1 \text{ кг}$
- $\alpha_{\text{np}} = 30^\circ$
- $\sigma = +3 \text{ мкФ/м}^2$
- $q = +3 \text{ мкФ}$
- $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$

~~25~~  $\frac{\sqrt{2}}{25}$

Сначала смотрим без зарядов. Если пластинки не соединяются  $\Rightarrow$



Но ось  $Ox$  втерней закон Ньютона:

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu \cos \alpha = \sin \alpha$$

$\mu = \frac{m}{l} \Rightarrow$  Втерней закон Ньютона на ось  $Ox$ :

$$ma = mg \sin \alpha - \mu \cdot l \cdot g \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ma + \frac{\mu m g}{l} \cdot l \cos \alpha = mg \sin \alpha \Rightarrow$$

$\Rightarrow \ddot{x} + \frac{\mu g}{l} \cos \alpha = g \sin \alpha$  ← уравнение колебаний, но со смещенной точкой равновесия

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) + \frac{g l \sin \alpha \cos \alpha}{\mu g}$$

~~x(0) = 0~~  $x(0) = 0 \Rightarrow$

$\dot{x}(0) = 0 \Rightarrow \varphi = \pi$

$$0 = A \cos \pi + \frac{g l \sin \alpha \cos \alpha}{\mu g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = -\frac{l g \sin \alpha \cos \alpha}{\mu g}$$

$$1 \cos \omega t_1 = \frac{\mu}{l g \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x(t) = \frac{l g \sin \alpha \cos \alpha}{\mu g} (1 - \cos \omega t)$$

$$\cos(\omega t_1) = 1 \Rightarrow$$

$$\frac{l g \alpha}{\mu g} (1 - \cos \omega t_1) = l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \omega t_1 = 1 - \frac{\mu}{l g \alpha}$$

$\sin \omega t_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{v_1}{v_{gd}}\right)^2}$  цимбован

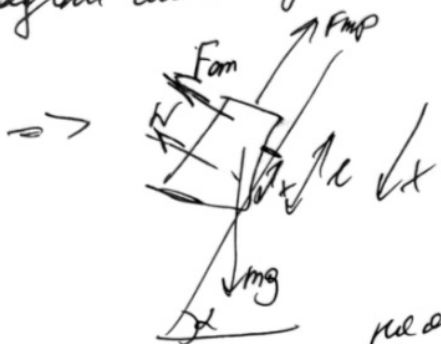
$\sin \omega t_1 = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{v_1}{v_{gd}}\right)^2}$

$\dot{x}(t) = \frac{l \omega \sin \omega t}{v_{gd}} \Rightarrow \dot{x}(t_1) = v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{l \omega \sin \omega t_1}{v_{gd}} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_1 = \frac{l \omega \sin \omega t_1}{v_{gd}} = \frac{l \omega \sin \omega t_1}{\frac{v_{gd}}{l}} = \frac{l \omega \sin \omega t_1}{\frac{v_{gd}}{l}} = \frac{l \omega \sin \omega t_1}{\frac{v_{gd}}{l}} \Rightarrow$

Ели не дејствуваат силе оттамувајќи асимптотички, тогаш тоа не е тоа, но може да се каже о тоа, што ели се оттамувајќи!  $F = Eq \Rightarrow F = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q$

Влезаме асимптотички менаџмент  $\rho = \frac{q}{l} \Rightarrow$



Вторичен зенек постои на ели.

~~$ma = mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - \rho \cdot x \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0})$~~

не е во си (не е уште на вертикална површина)

$ma = mg \sin \alpha - \mu N$

$\Rightarrow m \ddot{x} = mg \sin \alpha - \left( \mu mg \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \rho \cdot x \right) \Rightarrow$

$\Rightarrow m \ddot{x} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + \frac{\mu \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma}{l} x \Rightarrow$

$\Rightarrow m \ddot{x} + \mu mg \cos \alpha - \frac{\mu \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma}{l} x = mg \sin \alpha$  Емо не линеар, но гиноре

~~$m \ddot{x} + X \left( \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} - \frac{\mu \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma}{l} \right) = mg \sin \alpha$~~

$X(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) + \frac{g \sin \alpha \cdot l \cdot 2\epsilon_0 \cdot m}{\mu mg \cos \alpha \cdot 2\epsilon_0 - \mu \sigma^2}$

$X'(0) = 0 \Rightarrow \phi_0 = 0 \quad X(0) = 0 \Rightarrow A = \frac{-g \sin \alpha \cdot l \cdot 2\epsilon_0 \cdot m}{\mu mg \cos \alpha \cdot 2\epsilon_0 - \mu \sigma^2}$

~~$X(t) = \frac{g \sin \alpha \cdot l \cdot 2\epsilon_0 \cdot m}{\mu mg \cos \alpha \cdot 2\epsilon_0 - \mu \sigma^2}$~~

$$\Rightarrow \dot{x}(t) = \frac{g \sin \alpha \cdot l \cdot 2 \epsilon_0 m}{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g} \cdot \sqrt{\frac{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{2 \epsilon_0 m \cdot l}} \cdot \sin \omega t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{x}(t) = g \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 m \cdot l}{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}} \cdot \sin \omega t$$

$$x(t) = l \Rightarrow \frac{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g} (1 - \cos \omega t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m (1 - \cos \omega t) = \mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \omega t = 1 - \frac{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = g \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 m \cdot l}{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}} \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\mu g \sin \alpha}{l \cdot \frac{\mu}{\epsilon_0 g}} \cdot \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 m \cdot l^2}{(\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g) \mu g \cos \alpha}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \left(1 - \frac{\mu m g \cos \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}\right)}{1 - \left(1 - \frac{\mu}{\epsilon_0 g}\right)^2}}$$

$$\text{Cum } \mu = \epsilon_0 g \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = g \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 m}{(m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g) g \sin \alpha}} \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}\right)}$$

$$\mu \cos \alpha = \epsilon_0 g \cdot \cos \alpha \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = g \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 m (m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g) (2 - \frac{m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m})}{(m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - \mu \sigma g) g \sin \alpha (g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m)}}$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 - m g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 + \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m g \cdot \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 + \mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\epsilon_0 g \cdot \sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\sigma g}{g \sin \alpha \cdot 2 \epsilon_0 m}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{3 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1 \cdot 10^3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2 \cdot 10^2}{10^2}}{9 \cdot 10^{-12} \cdot 24 \cdot 10^3 \cdot 10^2}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{17}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 1,3$$

Ondem 1,3 pozama uye



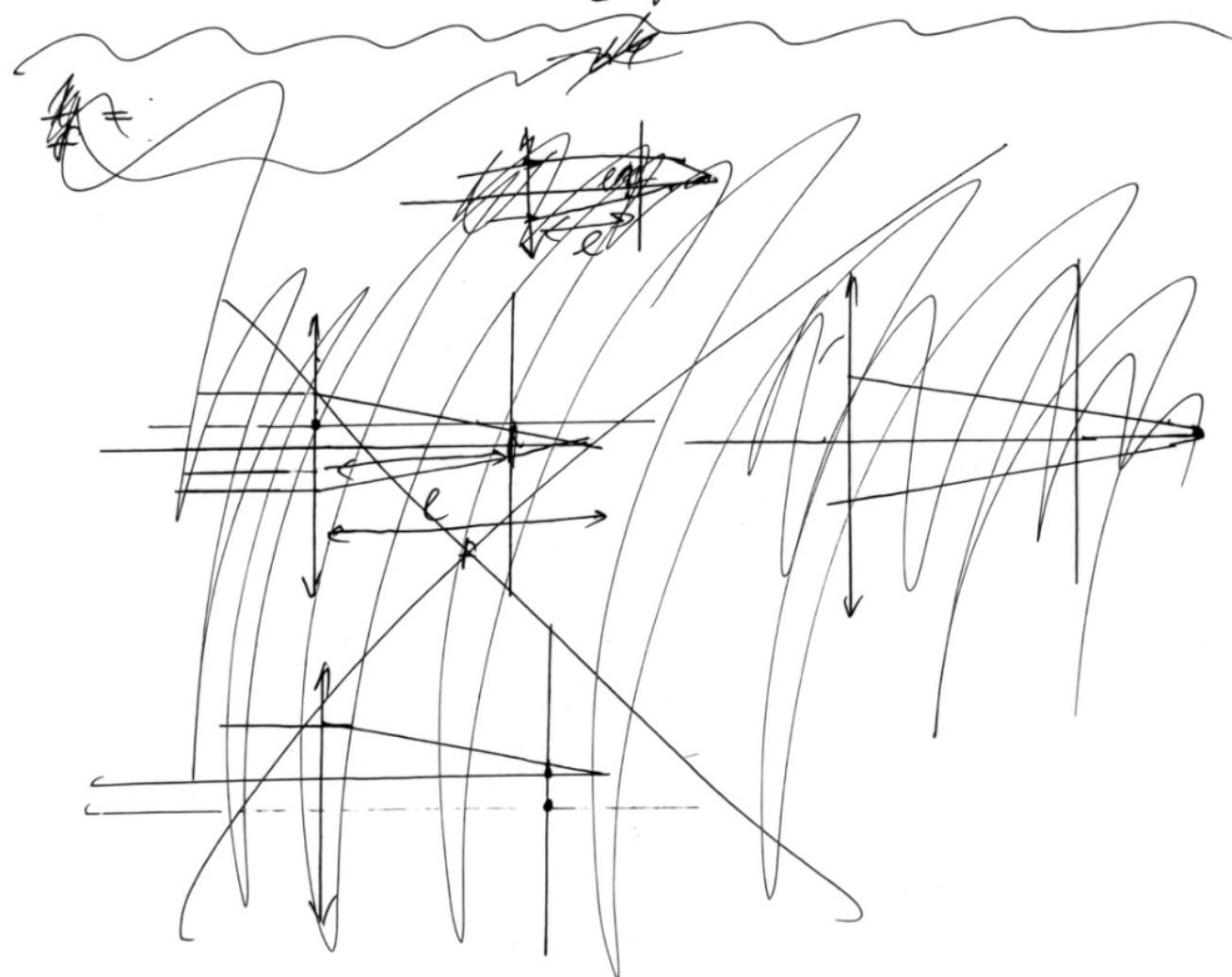
Вопрос: Диэлектрическая <sup>ионов</sup> постоянная - коэффициент пропорциональности между ~~потенциалом~~ зарядом и потенциалом тела. ~~Число~~ ~~ионов~~ ~~в~~ ~~единице~~ ~~объема~~ ~~диэлектрика~~ ~~зависит~~ ~~от~~ ~~геометрических~~ ~~параметров~~ ~~рассматриваемого~~ ~~тела~~ ~~и~~ ~~от~~ ~~среды~~, ~~где~~ ~~оно~~ ~~находится~~.

Для плоского конденсатора:

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r, \quad C = \frac{Q}{\phi}$$

$$Q = C \Delta \phi$$

$\epsilon_0$  - диэлектрическая постоянная  
 $S$  - площадь пластин конденсатора  
 $d$  - расстояние между пластинами.



1/4

~~Сумма~~ Сумма

$$l = 20 \text{ см}$$

$$\delta = 0,5 \text{ см}$$

$$A = 1 \text{ см}$$

 $f = ?$ 

Уд. При сильном кед  $\delta = 0,5 \text{ см}$   $l \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  угол шире при сильном  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  можно считать,

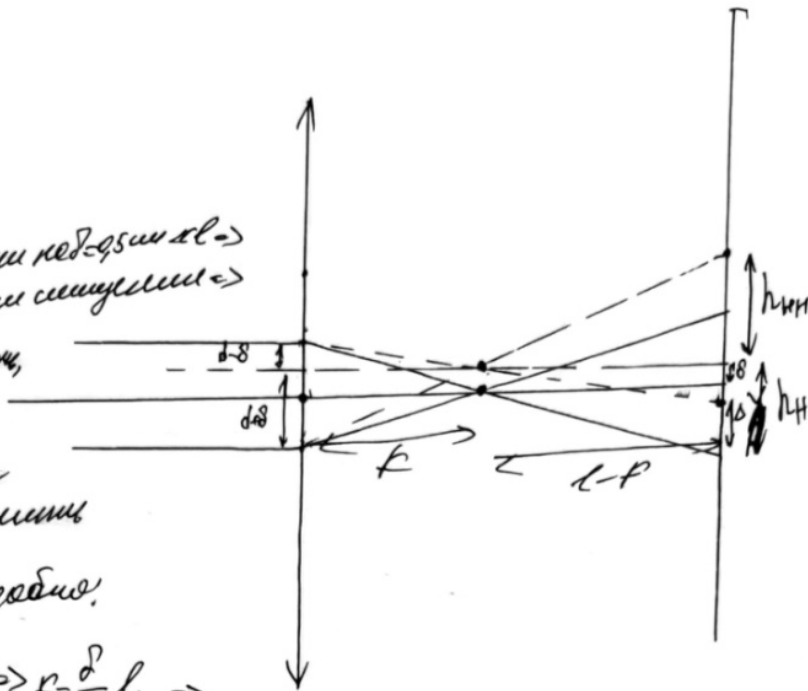
что не только  
центр, но и все  
лучи параллельны

и  $\Delta \Rightarrow$  по подобию:

$$\frac{\delta}{A} = \frac{f}{l} \Rightarrow f = \frac{\delta}{A} l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{0,5 \text{ см}}{1 \text{ см}} \cdot 20 \text{ см} \Rightarrow f = 10 \text{ см}$$

Ответ:  $f = 10 \text{ см}$



Вопрос:  $f = ?$

Фокусное расстояние тонкой линзы — это место, где лучи, идущие параллельно главной оптической оси, пересекаются.

Относительная сила тонкой линзы: это величина, обратная фокусному расстоянию тонкой линзы

$$D = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$