

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

Вариант ✓ 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Позднякова Артура Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

13-56

Работа сдана

Оценки Н.И.

Handwritten initials

Дата

«5» марта 2023 года

Подпись участника

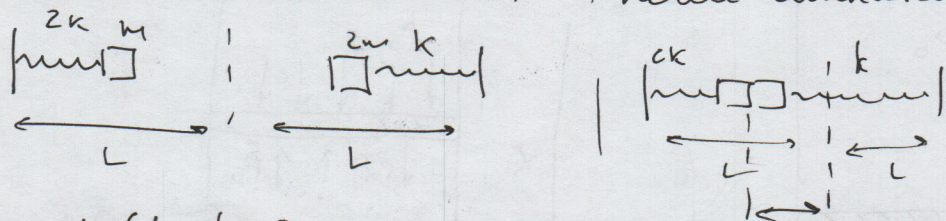
Handwritten signature

54-69-26-33
(50.8)

Числовые

№1 Воспользуемся энергетическим методом решения.

исходное положение: / после сжатия,



$$\frac{2k(L - \frac{L}{2})^2}{2} + \frac{k(L - \frac{L}{2})^2}{2} = E = \frac{2k(L-A)^2}{2} + \frac{k(L+A)^2}{2}$$

$$= E_0 = \frac{3}{2} k (L - \frac{L}{2})^2 =$$

$$= \frac{3}{2} k \cdot \frac{L^2}{4} = \frac{3kL^2}{8}$$

ЗСЭ:

$$\frac{3}{8} kL^2 = \frac{3}{2} k(L-A)^2$$

$$\frac{3kL^2}{8} - \frac{3}{2} kL^2 + 3kLA - \frac{3}{2} kA^2 = 0$$

$$-\frac{9}{8} kL^2 + L3kA - \frac{3}{2} kA^2 = 0$$

$$D = (3kA)^2 - 4(-\frac{9}{8}k)(-\frac{3}{2}kA^2) = 9k^2A^2 - \frac{27}{4}k^2A^2 =$$

$$\frac{9}{4}k^2A^2$$

$$L = \frac{-3kA \pm \sqrt{\frac{9}{4}k^2A^2}}{-\frac{9}{4}k} = \begin{cases} L_1 = \frac{-3kA + \frac{3}{2}kA}{-\frac{9}{4}k} = \frac{2}{3}A - \text{не подходит} \\ L_2 = \frac{-3kA - \frac{3}{2}kA}{-\frac{9}{4}k} = 2A - \text{подходит} \end{cases}$$

$$L = 2A = 10 \text{ см}$$

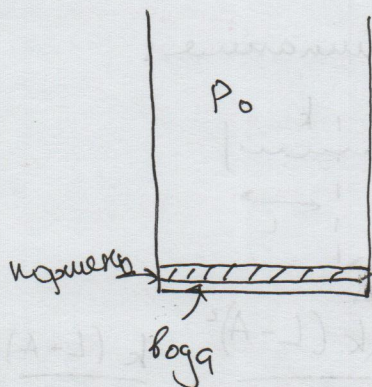
Ответ: $L = 10 \text{ см}$

2 | 5 | 1 | 3 | 2 | 1
 62 | 10 | 20 | 20 | 10 | 2
 Шестая группа
 Динамика
 Комиссия
 Проверка
 Проверка

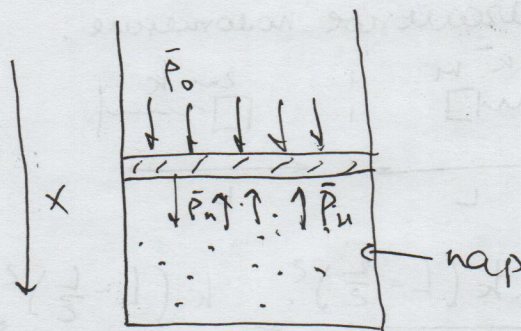
✓2

Исходник

Первое состояние:



Второе состояние:



Так как поршень находится в равновесии, закон Ньютона на ось x будет выглядеть так:

$$P_0 S + Mg = P_n S \Rightarrow P_0 + \frac{Mg}{S} = P_n \Rightarrow P_n - P_0 = \frac{Mg}{S}$$

$$M = \frac{(P_n - P_0) \cdot S}{g} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 100 \text{ см}^2}{10 \text{ м/с}^2} = 150 \text{ кг}$$

Ответ: $M = 150 \text{ кг}$

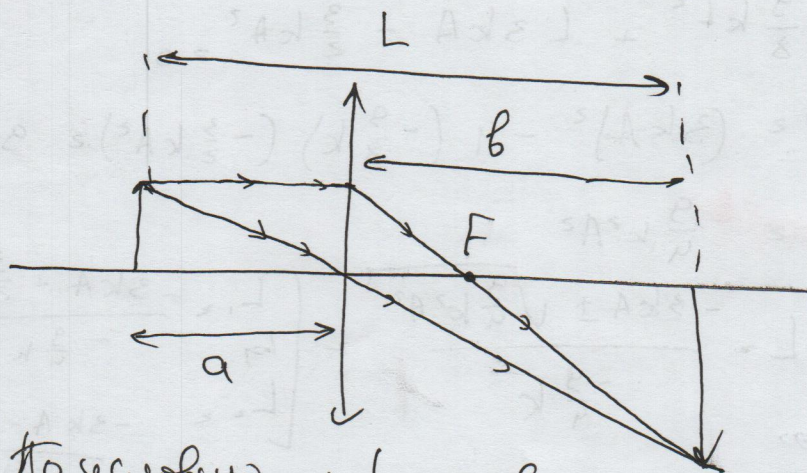
✓4

Дано:

$D = 5 \text{ см}$

$L = 1 \text{ м}$

$F = ?$



По условию: $L = a + b$

Так как игла тонкая:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{a+b}{ab} = \frac{L}{ab} = D = \frac{1}{F}$$

Мисловник

$$\begin{cases} \frac{a+b}{ab} = 5 \\ a+b = 1 \\ a = 1-b \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{ab} = 5 \Rightarrow ab = 0,2$$

$$(1-b)b = 0,2$$

$$b^2 - b + 0,2 = 0$$

$$D = 1^2 - 4 \cdot 0,2 = 0,2$$

$$b = \frac{1 \pm \sqrt{0,2}}{2} = \begin{cases} b = \frac{1 + \sqrt{0,2}}{2} \\ b = \frac{1 - \sqrt{0,2}}{2} \end{cases}$$

1)

$$a = 1 - \frac{1 + \sqrt{0,2}}{2} = \frac{1 - \sqrt{0,2}}{2}$$

$$a = \frac{1 - \sqrt{0,2}}{2}$$

$$= \frac{1 - \sqrt{0,2}}{2}$$

$$\frac{b}{a} = \Gamma = \frac{\frac{1 + \sqrt{0,2}}{2}}{\frac{1 - \sqrt{0,2}}{2}} =$$

$$= \frac{1 + \sqrt{0,2}}{1 - \sqrt{0,2}} \approx (\text{для удобства придем,}$$

$$\text{что } \sqrt{0,2} \approx 0,45) \approx \frac{1 + 0,45}{1 - 0,45} =$$

$$\approx 2,6$$

Ответ: ~~4,2~~ $\Gamma \approx 2,6$

2)

$$a = 1 - \frac{1 - \sqrt{0,2}}{2} = \frac{1 + \sqrt{0,2}}{2}$$

$$a = \frac{1 + \sqrt{0,2}}{2}$$

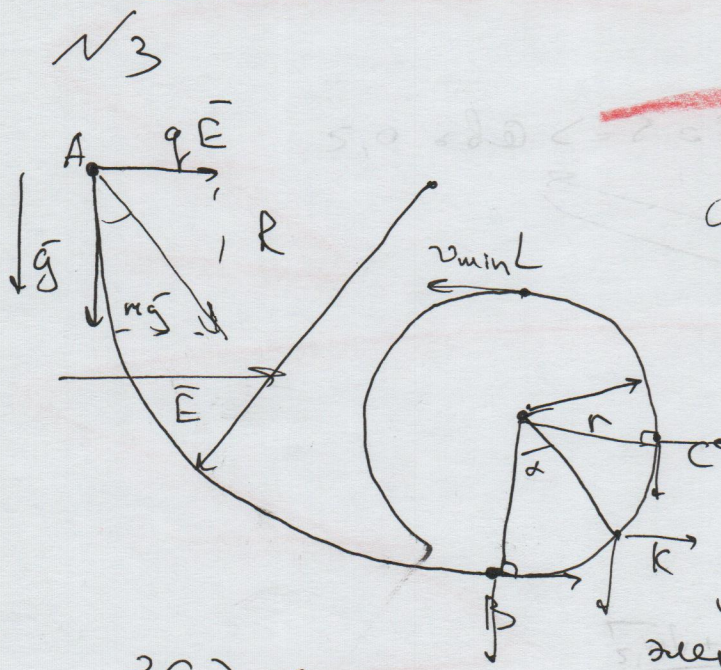
$$= \frac{1 + \sqrt{0,2}}{2}$$

$$\frac{b}{a} = \frac{1 - \sqrt{0,2}}{1 + \sqrt{0,2}} \downarrow$$

не подходит
так как
меньше единицы

+

Местовик



Максимально скорость v_{max} будет где-то на участке BC. Минимальная скорость будет в точке L. Тут максимальная потенциальная энергия и на участке BL сила электр. поля направлена "против" движения

ЗС) в точке k:

$$mgR = mgr(1 - \cos\alpha) + Eqr(1 - \sin\alpha) + \frac{mv_{max}^2}{2}$$

$$mgR - mgr(1 - \cos\alpha) - Eqr(1 - \sin\alpha) = \frac{mv_{max}^2}{2}$$

$$2gR - 2gr(1 - \cos\alpha) - 2\frac{q}{m}Er(1 - \sin\alpha) = v_{max}^2$$

~~Handwritten scribbles and crossed-out equations.~~

$$2gR - 2gr + 2gr\cos\alpha - 2\frac{q}{m}Er + 2\frac{q}{m}Er\sin\alpha = v_{max}^2$$

Имеем скорость бочка максимальна когда имеем: $2gr\cos\alpha + 2\frac{q}{m}Er\sin\alpha$ бочка максимальной

$$(2gr\cos\alpha + 2\frac{q}{m}Er\sin\alpha)' = 2\frac{q}{m}Er\cos\alpha - 2gr\sin\alpha$$

$$2\frac{q}{m}Er\cos\alpha - 2gr\sin\alpha = 0 \quad | : \cos\alpha \Rightarrow 2gr \tan\alpha = 2\frac{q}{m}Er$$

$$\tan\alpha = \frac{2\frac{q}{m}Er}{2gr} = \frac{qE}{mg} = \frac{10^{-6} \cdot 10^3}{10^3 \cdot 10} = \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = \frac{1}{10}$$

Истинное

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{10} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\cos \alpha}{10}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\frac{\cos^2 \alpha}{100} + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \frac{101 \cos^2 \alpha}{100} = 1$$

$$\cos \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{101}}$$

$$v_{\max}^2 = 2gR - 2gr \left(1 - \frac{10}{\sqrt{101}}\right) - 2 \frac{q}{m} Er \left(1 - \frac{1}{\sqrt{101}}\right)$$

~~Истинное~~ // Для простоты подбора примем $\sqrt{101} = 10$ //

$$v_{\max}^2 = 2gR - 2gr \left(1 - \frac{10}{10}\right) - 2 \frac{q}{m} Er \left(1 - \frac{1}{10}\right)$$

$$v_{\max}^2 = 2gR - 2 \frac{q}{m} Er \left(\frac{9}{10}\right)$$

$$v_{\max} = \sqrt{2gR - \frac{9}{5} \frac{q}{m} Er} = \sqrt{20 - \frac{9}{5} \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^{-6}} = \sqrt{20 - \frac{9}{20} \cdot 10^{-6}} \approx \sqrt{20}$$

$v_{\min}^2 =$ // раз в точке L, то следовательно $\alpha = 180^\circ$ //

$$= \cancel{2gR} - 2gr(1 - \cos 180) - 2 \frac{q}{m} Er (1 - \sin 180) =$$

$$= 2gR - 2gr(1+1) - 2 \frac{q}{m} Er = 2gR - 4gr - 2 \frac{q}{m} Er$$

$$v_{\min} = \sqrt{2gR - 4gr - 2 \frac{q}{m} Er} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1 - 4 \cdot 10 \cdot 0,25 -$$

$$- 2 \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-3}} \cdot 10^3 \cdot 0,125} = \sqrt{20 - 10 - 0,5 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{10 - 0,5 \cdot 10^{-6}}$$

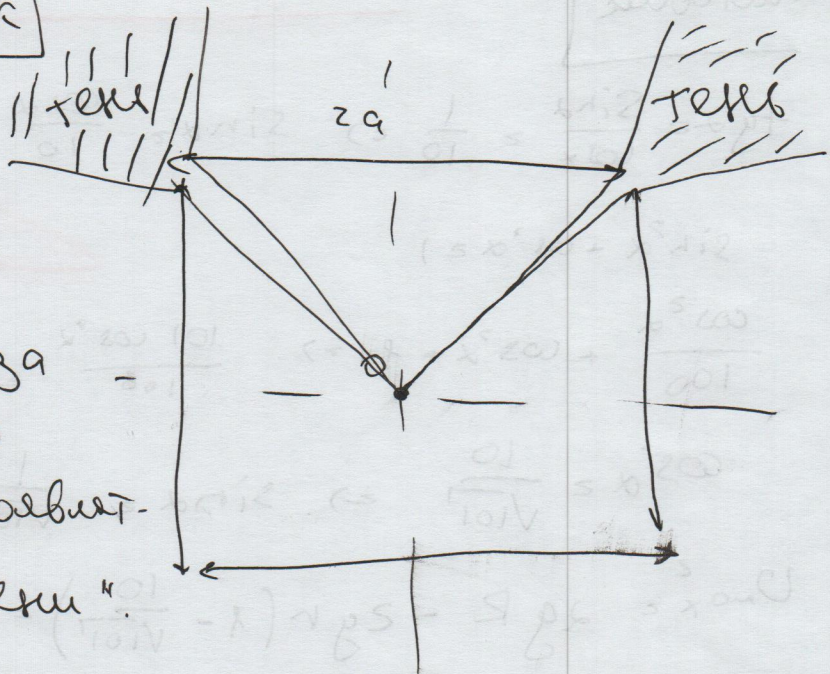
$$= \sqrt{10 - 5 \cdot 10^{-7}} \approx \sqrt{10}$$

$$n = \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{10}} = \sqrt{\frac{20}{10}} = \sqrt{2} \quad \text{Ответ: } n \approx \sqrt{2}$$

Источники

$\sqrt{5}$

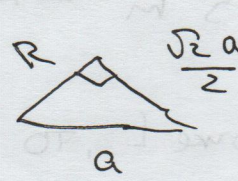
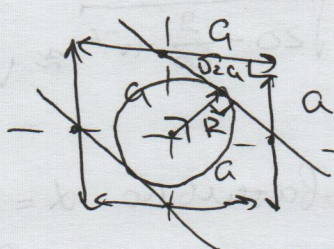
$2a = 9 \text{ см}$



Поскольку как линза - собирающая, то у нас будет появляться область "тени".

Построим как это примерно будет выглядеть.

Найдем такое значение, чтобы области полностью не исчезли. В таком случае касательные к источнику должны проходить через середину линзы и быть параллельными.

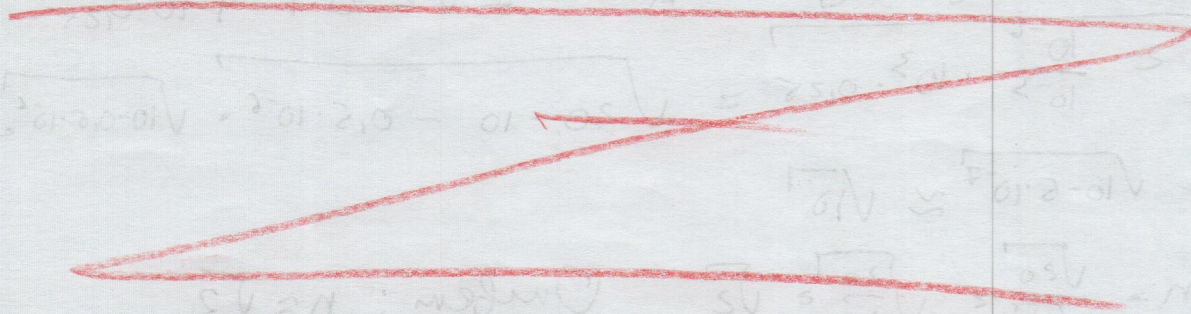


$$R = \sqrt{a^2 - \left(\frac{\sqrt{2}a}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{2}} = \sqrt{\frac{a^2}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{4,5^2}{2}} = \sqrt{\frac{20,25}{2}} = \sqrt{10,125} \approx \sqrt{10}$$

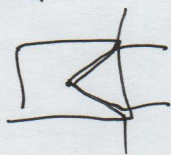
Ответ: $R_{\min} \approx \sqrt{10}$



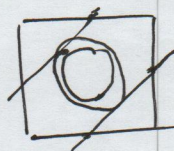
Чертовик

$$r_{min} = \frac{\sqrt{a^2 + a^2}}{z}$$

одроздуют
теперь как-то
так



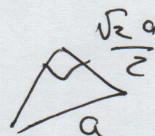
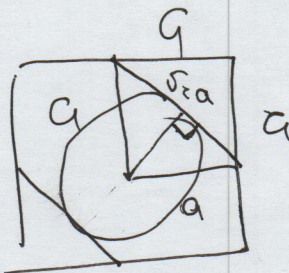
из середины
должна быть
параллельно



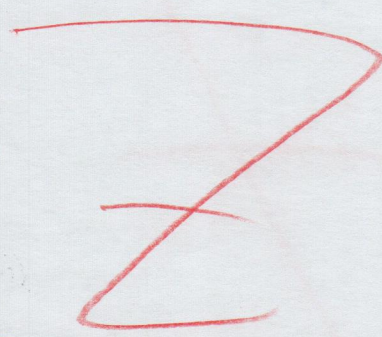
$$2gr \sin \alpha - 2 \frac{q}{m} E \cos \alpha = 0 \quad | : \cos \alpha$$

$$2gr \tan \alpha - 2 \frac{q}{m} E = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{2 \frac{q}{m} E}{2gr}$$



$$\begin{array}{r} z^2 \\ < 4,5 \\ < 4,5 \\ \hline + 225 \\ 180 \\ \hline 2025 \end{array}$$



$$\sqrt{a^2 + \left(\frac{\sqrt{2}a}{z}\right)^2}$$

$$\sqrt{a^2 + \frac{2a^2}{z}} = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{z}}$$

$$\sqrt{a^2 - \frac{a^2}{z}} = \sqrt{\frac{a^2}{z}}$$

Чертовски

$\frac{1,45}{0,55}$

$\frac{b}{a} = \sqrt{?}$

$$\begin{cases} a+b = 5 \\ ab = 5 \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \quad \sqrt{2,3} \\ \times 2,4 \quad \sqrt{2,3} \\ \hline 48 \quad 46 \\ 5,7 \quad 65,2 \quad 9 \end{array}$$

$$F = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{D}{d} = \frac{F}{f}$$

~~$a+b = 5$~~

$$\frac{1}{ab} = 5$$

$$\begin{array}{r} 145 \mid 55 \\ 110 \mid 263 \\ \hline 350 \quad ab = 0,2 \\ 350 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 55 \\ 375 \\ \times 55 \\ 330 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,45 \\ 0,45 \\ \hline + 1,225 \\ 130 \\ \hline 0,2025 \\ 13 \quad \times 14 \\ 13 \quad \times 14 \\ \hline 39 = 56 \\ 13 \quad \times 14 \\ \hline 16 \quad 0,196 \end{array}$$

$$5ab = 1$$

$$ab = \frac{1}{5}$$

$$a = \frac{1}{5b}$$

$$\begin{aligned} ab &= 0,2 \\ a+b &= 1 \\ a &= 1-b \end{aligned}$$

$$(1-b)b = 0,2$$

$$b - b^2 = 0,2$$

$$b^2 - b + 0,2 = 0$$

$$\begin{aligned} 0,5 \\ 0,5 \quad 0,25 \\ 0,16 \end{aligned}$$

$$D = 1^2 - 4 \cdot 0,2 = 1 - 0,8 = 0,2$$

$$b = \frac{1 \pm \sqrt{0,2}}{2} = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{0,2}}{2} = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{0,2}}{\sqrt{4}}$$

$$\frac{1}{5b} + b = 1$$

$$1 + 5b^2 = 5b$$

$$5b^2 - 5b + 1 = 0$$

$$D = 5^2 - 4 \cdot 5 \cdot 1 = 25 - 20 = 5$$

$$b = \frac{5 \pm \sqrt{5}}{10}$$

$$b = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{10} = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{5}{100}} = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{20}}$$

$$b = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{10} = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{5}{100}}$$

$$1) a = 1 - \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$

$$2) a = 1 - \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$

$$a = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$

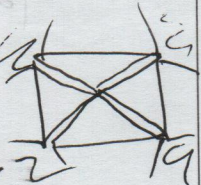
$$\sqrt{0,2} \approx 0,45$$

$$b = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$

$$\sqrt{25} = 5^2$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$

$$b = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{0,2}}{2}$$



$$\frac{b}{a} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{0,2}}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{0,2}}{2}} = \frac{1 + \sqrt{0,2}}{1 - \sqrt{0,2}}$$

$$\frac{1 + \sqrt{0,2}}{1 - \sqrt{0,2}}$$

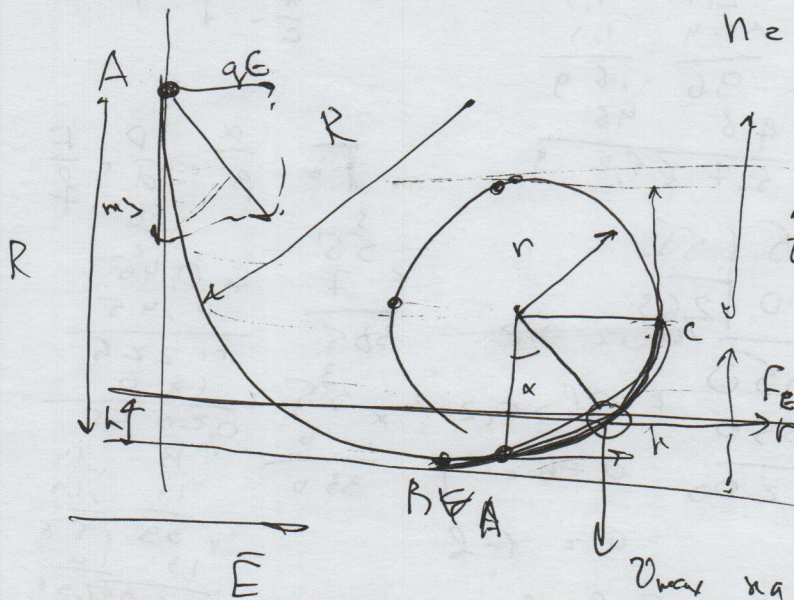
$$\frac{b}{a} = \frac{1 - \sqrt{0,2}}{1 + \sqrt{0,2}}$$

↓ модуль т.к > 1

Условие 3

Дано: $R; r; m; q; E$

$n = \frac{v_{max}}{v_{min}} = ?$



$R-r$ v_{max} будет иметь 0 скор

v_{min} будет иметь 0 скор

$tg \alpha = \frac{1}{10} \frac{Eq}{mg}$
 $cos \alpha = \frac{sin \alpha}{10}$

~~mgR~~

$sin^2 + \frac{sin \alpha}{10} = 1$

$\frac{101 sin^2}{100} = 1$

$tg \alpha = \frac{Eq r}{m g r} = \frac{E}{m g}$

Энергия в A

3СЭ

$\frac{100}{101} = sin^2$
 $sin \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$

$\frac{Eq}{mg} = \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = \frac{1}{10}$
 $cos \alpha = \frac{\sqrt{101}}{101}$

3СЭ $mg r (1 - cos \alpha) + Eq r (1 - sin \alpha)$

$E_n = m g r sin \alpha - Eq r cos \alpha$

$mgR = m g r (1 - cos \alpha) + Eq r (1 - sin \alpha) + \frac{m v_{max}^2}{2}$

$mgR - m g r (1 - cos \alpha) - Eq r (1 - sin \alpha) = \frac{m v_{max}^2}{2}$

$2gR - 2gr(1 - cos \alpha) - 2 \frac{q}{m} Er(1 - sin \alpha) = v_{max}^2$

нужно максимизировать

~~$2gr$~~ $2gr(1 - cos \alpha) + 2 \frac{q}{m} Er(1 - sin \alpha) \rightarrow$ минимум

$(2gr - 2gr cos \alpha + 2 \frac{q}{m} Er - 2 \frac{q}{m} Er sin \alpha)'$

$2gr sin \alpha - 2 \frac{q}{m} Er cos \alpha \rightarrow$ минимум

$\frac{\sqrt{101}}{\sqrt{101}} - \frac{1}{\sqrt{101}} =$

$v_{max}^2 = 2gR - 2gr(1 - \frac{10}{\sqrt{101}}) - 2 \frac{q}{m} Er(1 - \frac{10}{\sqrt{101}})$

$\frac{\sqrt{101}-1}{\sqrt{101}}$

~~$v_{min}^2 = 2gR - 2gr(1 - \frac{1}{10}) - 2 \frac{q}{m} Er(1 - \frac{1}{10})$~~

x)

Черновик №2

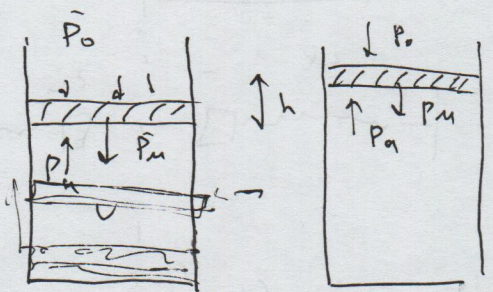
$S = 100 \text{ см}^2$ $Q_0 = 0.1 \text{ м}^2$

$m_{\text{н.о}} \quad t = 127^\circ\text{C}$

$h; P_{\text{н}}; P_0 \quad \mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

R g

М-?



Все вычисляется

$\Delta Q = Q_A + Q_B$

$\nu_{\text{н}} = \frac{m_{\text{н.о}}}{\mu}$

$PV = \nu RT$

$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_{\text{н}}$

$P_{\text{н}} - P_0 = \frac{Mg}{S} \rightarrow M = \frac{P_{\text{н}} - P_0}{g} S$

$\frac{1.5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot S = M$

$1.5 \cdot 10^4 \cdot 0.01 \text{ м}^2 = M$

$1.5 \cdot 10^2 = M$

150 кг ? короче

№4

$D = 5 \text{ г/см}^3$

$L = 1 \text{ м}$

$r = ? = \frac{b}{a}$

$L = a + b$

$\frac{1}{F} = D$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$

$\frac{1}{F} = \frac{b+a}{ab} = \frac{L}{ab}$

$D = \frac{L}{ab}$

$\frac{1}{F} = \frac{ab}{a+b}$

$F = \frac{ab}{a+b}$

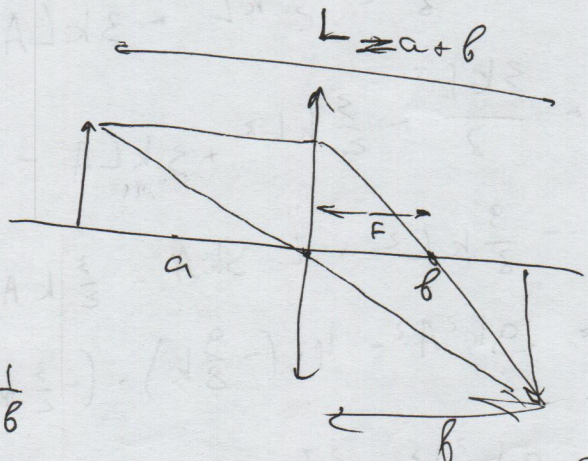
$S = \frac{b+L-b}{(L-b) \cdot b} = \frac{L}{(L-b) \cdot b}$

$= \frac{L}{bL - b^2} = 5$

$5 = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad a + b = L \quad a = L - b$

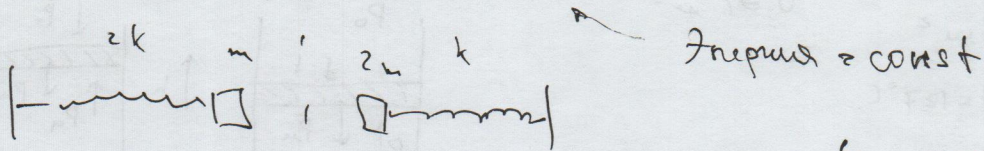
$5 = \frac{b+0}{ab}$

$= \frac{L}{bL - b^2}$



Черновик

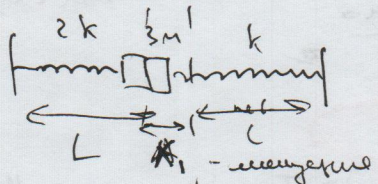
на энергетическом методе



Энергия = const

$$x = \frac{L}{2}$$

$$\frac{2k(L-x)^2}{2} + \frac{k(L-x)^2}{2} = \frac{3}{2} k(L-x)^2$$



$$\frac{3}{2} k(L-x)^2 = \frac{8k(L-A)^2}{2} + \frac{k(L+A)^2}{2}$$

$$\frac{3}{2} k(L-x)^2 = \frac{3}{2} k(L-A)^2$$

$$\frac{3}{2} k(L^2 - 2Lx + x^2) = \frac{3}{2} k(L^2 - 2LA + A^2)$$

$$\frac{3}{2} k(L - \frac{L}{2})^2 = \frac{3}{2} k(\frac{L}{2})^2 = \frac{3}{2} k \frac{L^2}{4} = \frac{3kL^2}{8}$$

$$\frac{3kL^2}{8} = \frac{3}{2} kL^2 - 3kLA + \frac{3}{2} kA^2$$

$$\frac{3kL^2}{8} - \frac{3}{2} kL^2 + 3kLA - \frac{3}{2} kA^2 = 0$$

$$-\frac{9}{8} kL^2 + L \cdot 3kA - \frac{3}{2} kA^2 = 0$$

$$D = 9k^2A^2 - 4 \cdot (-\frac{9}{8}k) \cdot (-\frac{3}{2}kA^2) = 9k^2A^2 - \frac{9}{2}k \cdot \frac{3}{2}kA^2$$

$$= 9k^2A^2 - \frac{27}{4}k^2A^2 = \frac{36}{4}k^2A^2 - \frac{27}{4}k^2A^2 = \frac{9}{4}k^2A^2$$

$$L = \frac{-3kA \pm \sqrt{\frac{9}{4}k^2A^2}}{-\frac{9}{4}k} = \left[\frac{-3kA + \frac{3}{2}kA}{-\frac{9}{4}k} = \frac{2}{3}A - \text{не подходит} \right. \\ \left. \frac{-3kA - \frac{3}{2}kA}{-\frac{9}{4}k} = 2A - \text{подходит} = 10 \text{ м} \right]$$