

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант III

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов" по физике  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Гаттарова Тимурза Алмазовича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+ 1 лист ~~прилагается~~  
вызван + 1 лист ~~прилагается~~

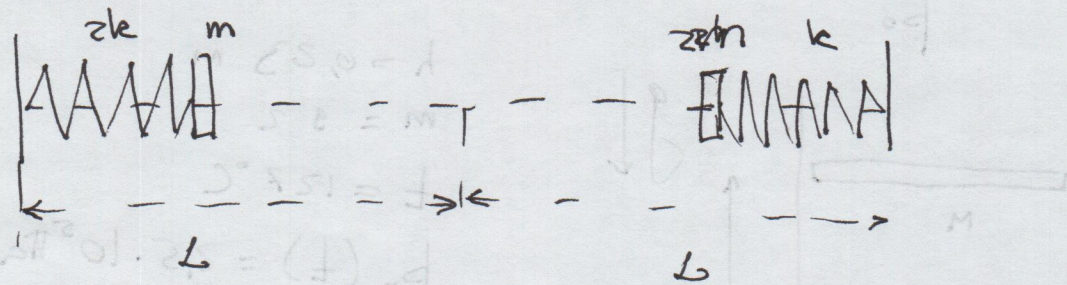
Дата  
«05» мая 2023 года

Подпись участника  
Гаттарова

52-24-84-51  
(50.4)

Задача 1.2.3.

Чертежи



$A = 5 \text{ см}$   $L = ?$

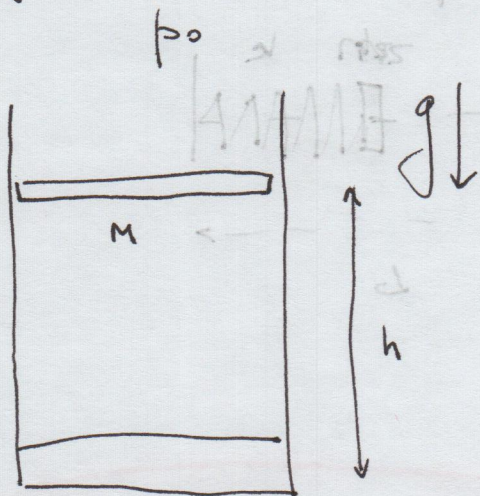
1	2	3	4	5	6
18	15	12	15	62	

Локсина  
М. Д.  
М. Д.  
Средняя Азия  
М. Д.

*[Faint handwritten notes and calculations, including formulas like  $P = \frac{MRT}{M}$  and  $P = \frac{120}{10^2} = 1.2 \cdot 10^2 \text{ Па}$ , are visible but mostly obscured by a large red scribble.]*

Задача 2.9.3

Условие



$$h = 0,83 \text{ м}$$

$$m = 92$$

$$t = 127^\circ\text{C}$$

$$p_{\text{н}}(t) = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$M = ?$

Решение

1) Предположим, что после нагревания установится система "все пар"  $\Rightarrow$

$$p < p_{\text{н.п}}(t) \quad (1)$$

Закон Менделеева - Клапейрона:

$$p h S = \frac{m}{\mu} R T \quad \oplus$$

$$p = \frac{m R T}{\mu h S} = \frac{92 \cdot 8,31 \cdot 300}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,83 \cdot 0,01} =$$

$$p = \frac{150}{10^{-3}} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

2) Выполняется условие  $p < p_{\text{н.п}}(t) \Rightarrow$  наше предположение верно

3) Уравнение равновесия по силе:

$$\frac{Mg}{S} + p_0 = p \quad \oplus \quad M = \frac{S}{g} (p - p_0) S \quad \oplus$$

$$M = \frac{1}{10} 0,5 \cdot 10^5 \cdot 0,01 = 5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2} = 50 \text{ кг}$$

$$M = 5 \cdot 10^4 \cdot 0,001$$

Ответ:  $M = 50 \text{ кг}$   $\ominus$

Задача 4.5.3.

$$D = 5 \text{ дптр} \quad b = 1 \text{ м}$$

Число свеч

2

Решение

Формула тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (1)$$

то определим

$$z = \frac{b}{a}$$

~~из (1):~~

~~$$(D - \frac{1}{a}) = \frac{1}{b}$$

$$b = \frac{1}{D - \frac{1}{a}}$$

$$z = \frac{b}{a}$$~~

из (1):

$$\frac{1}{a} = D - \frac{1}{b}$$

$$a = \frac{1}{D - \frac{1}{b}}$$

$$z = \frac{b}{\frac{1}{D - \frac{1}{b}}} = b \left( D - \frac{1}{b} \right) = bD - 1$$

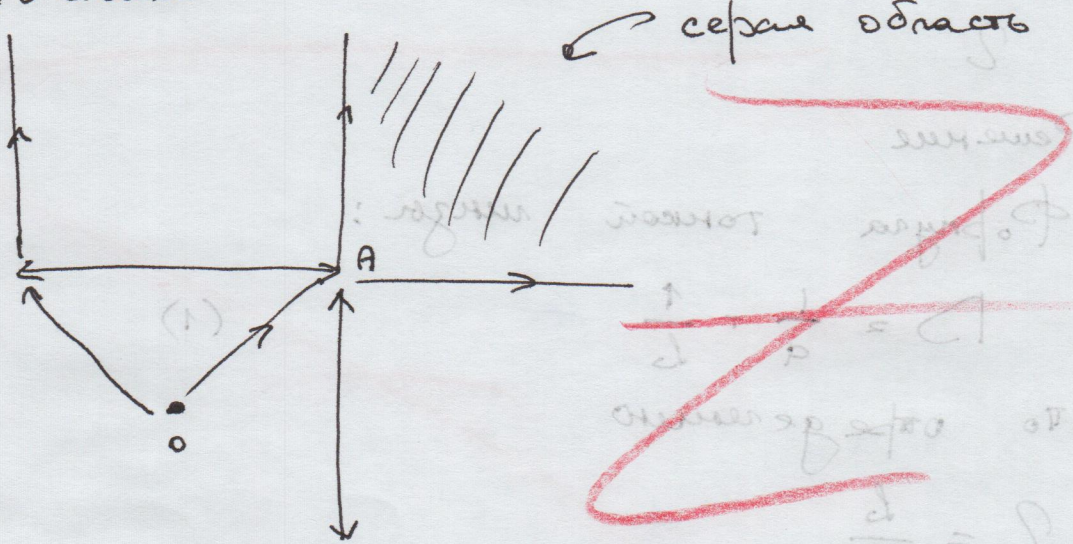
$$z = 5 \cdot 1 - 1 = 4$$

Ответ:  $z = 4$

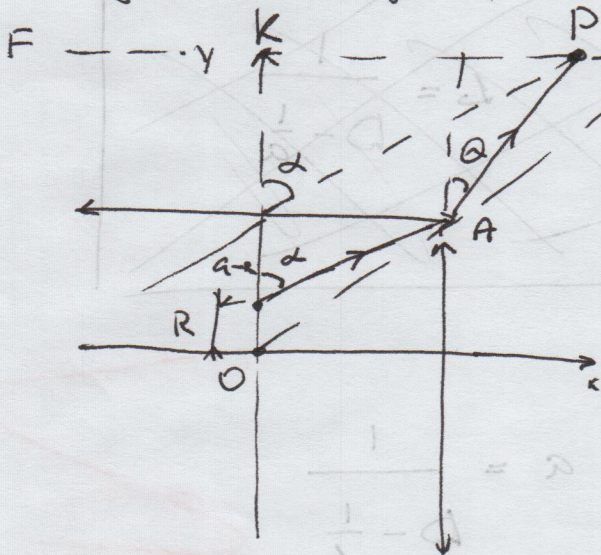
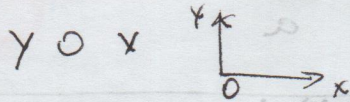
Задача 5.3.3

Числовый

Покажем "серые" области от точечного источника



Введем координаты



Будем рассматривать ход крайних лучей при увеличении координаты по Oy увеличивается угол отклонения  $\alpha$

В силу симметрии квадрата и сферы лучи будут отклоняться на равные углы

Очевидно, где "серых" областей того чтобы не было т.Р попал на прямую OA. необходимо, чтобы

$$\tan \alpha = \frac{a}{a-R}$$

необходимо, чтобы  $KP = 2a$

(из подобия)

$$KP = 2a = a \tan \alpha$$

$$a = 2a - 2R \quad R \leq \frac{a}{2} \leq \frac{a}{4}$$

$$\frac{a}{a-R} = 2$$

Ответ  $R \in (0; \frac{a}{4}]$  см

~~Ответ  $R \in (0; \frac{a}{4}]$  см~~

52-24-84-51  
(50,4)

Задача 3.9.3

Ишобовик



- $r = 0,25 \text{ м}$
- $R = 1 \text{ м}$
- $q = 10^{-6} \text{ Кл}$
- $E = 10^3 \text{ В/м}$
- $m = 1 \text{ г}$

$$n = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}}$$

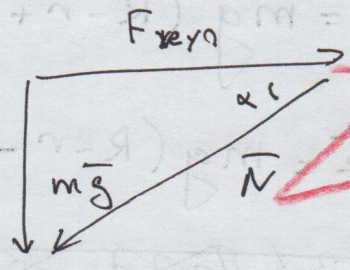
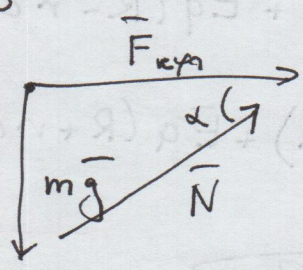
Решение

1) Так как ускорение  $a$  является производной скорости по времени, то в момент макс и мин скорости  $a = 0$

2)  $a = 0 \Rightarrow$  II Закон Ньютона

$$\vec{F}_{\text{кул}} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

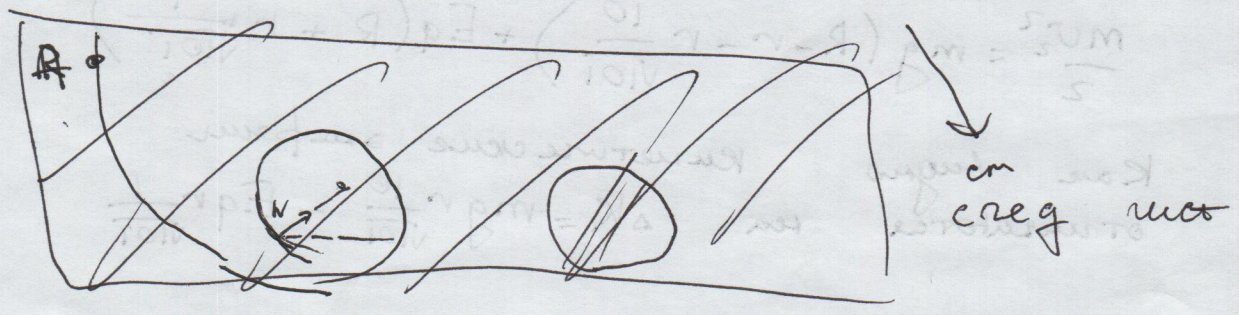
Возможные кон фигурации



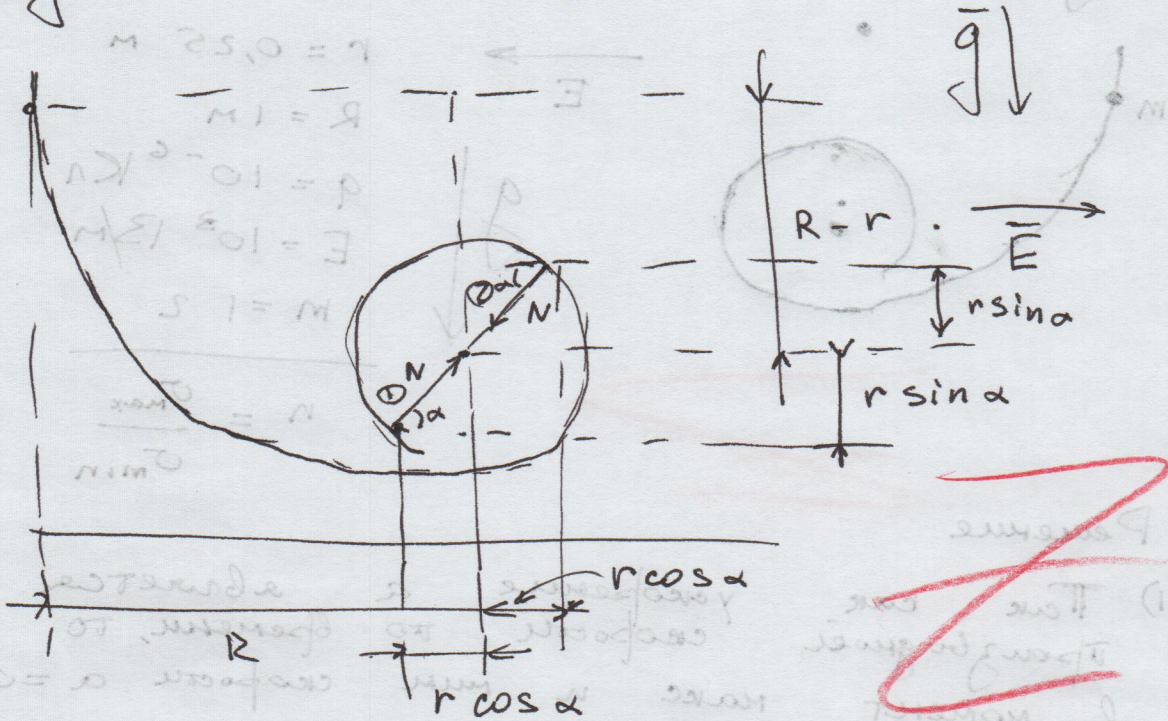
$$3) \tan \alpha = \frac{mg}{F_{\text{кул}}} = \frac{mg}{Eq} = \frac{0,001 \cdot 10}{10^3 \cdot 10^{-6}} = 10$$

$$\cos \alpha = \frac{Eq}{\sqrt{E^2 q^2 + (mg)^2}} = \frac{1}{\sqrt{101}} \quad \sin \alpha = \frac{mg}{\sqrt{E^2 q^2 + (mg)^2}}$$

Тогда в первой кон фигурации  $\sin \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$



Задача 3.9.3 (продолжение) Числовый



Th  $\Delta K$  изменения  $K_{\text{кин}}$  энергии

$$\Delta K = A$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{m v_1^2}{2} = mg(R - r + r \sin \alpha) + Eq(R - r \cos \alpha)$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{m v_2^2}{2} = mg(R - r - r \sin \alpha) + Eq(R + r \cos \alpha)$$

~~$$\frac{m v_1^2}{2} = mg(R - r + r \sin \alpha) + Eq(R - r \cos \alpha)$$~~

$$\frac{m v_1^2}{2} = mg\left(R - r + r \frac{10}{\sqrt{101}}\right) + Eq\left(R - r \frac{1}{\sqrt{101}}\right)$$

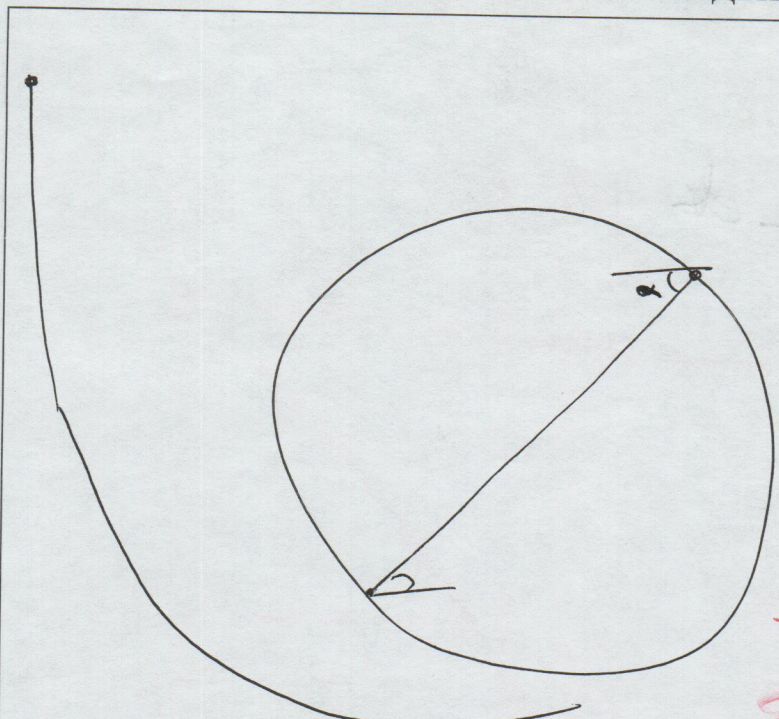
$$\frac{m v_2^2}{2} = mg\left(R - r - r \frac{10}{\sqrt{101}}\right) + Eq\left(R + r \frac{1}{\sqrt{101}}\right)$$

Как видно  
отнимаются

кинетические энергии

$$\Delta K = mgr \frac{10}{\sqrt{101}} - Eq r \frac{1}{\sqrt{101}}$$

52-24-84-51  
(50.4)



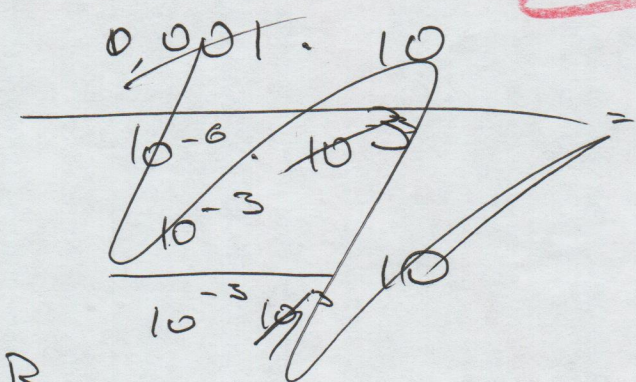
~~TE~~

$$\sin \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$$

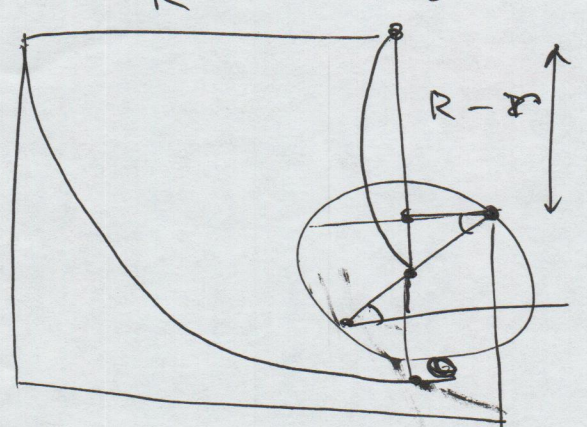
$$10^2 \sin^2 \alpha + 100 \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{101}}$$

$$\sin \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$$



$$\frac{500H}{0,01} = 500 \cdot 10^2 = 5 \cdot 10^4$$



$$((R-r) - r \sin \alpha)$$

$$mgR + Eq(R + r \cos \alpha) = mg(R + r)$$



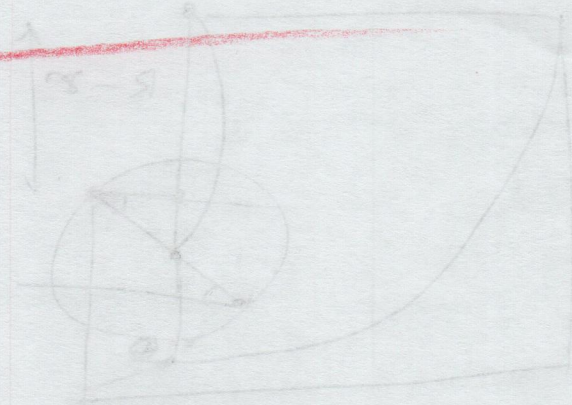
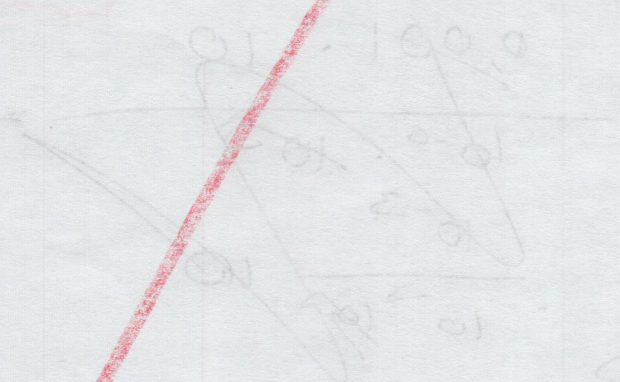


Лист

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

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

$$\frac{200}{100} = 2$$
$$2 \cdot 10^2$$

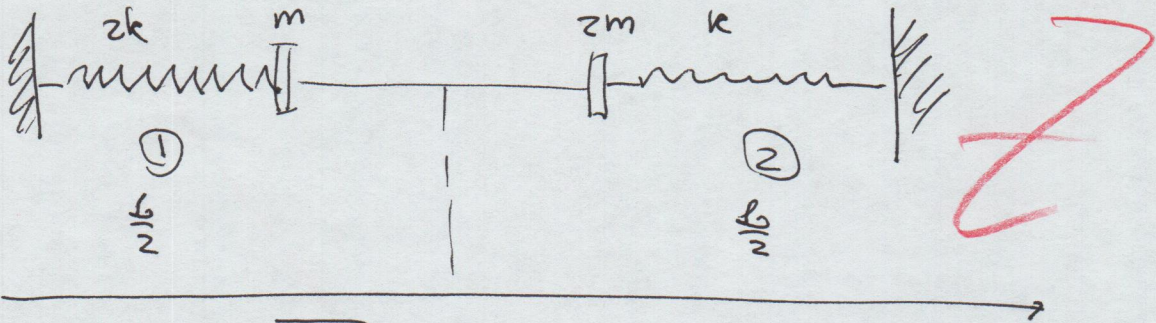


$$\Delta \text{ with } R \neq R \text{ (} R + R \cos \alpha \text{)}$$
$$= \text{with } R \text{ (} R \text{)}$$

52-24-84-51  
(50.4)

Задача 1

Чистовик

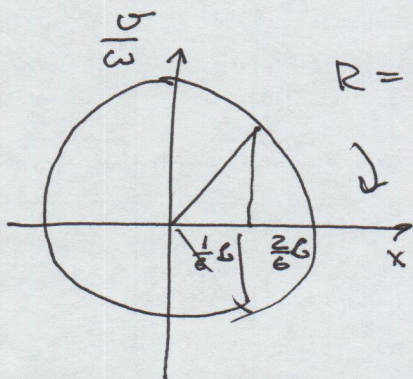


①  $\omega_1 = \sqrt{\frac{zk}{m}}$       ②  $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$  +

② До встречи суммарно они проедут  $l \Rightarrow S_1 = \frac{2}{3}l$        $S_2 = \frac{1}{3}l$  ?  
(из отношения  $\frac{\omega_1}{\omega_2} = 2$ )

③

2) найдем из фазового портрета скорости обоих грузов



$R = \frac{l}{2}$

$\sigma_1 = \frac{l\omega_1}{6}$

$\sigma_1 = \sqrt{\frac{8}{36}l^2 - \frac{1}{36}l^2 \cdot \omega_1^2}$

$\sigma_1 = \frac{2\sqrt{2}}{6}l^2\omega_1$

$\sigma_2 = \frac{2\sqrt{2}}{6}l^2\omega_2$

~~ЗСМ (при ударе не действует силы упругости, иначе  $F_{ms} = const$ , а сила была бы действующая - (уменьшение))~~  
 ~~$\sigma_1 m - 2m\sigma_2 = 3MV$        $V = \frac{1}{3}(\sigma_1 - 2\sigma_2)$~~

$x_{ц.м} = \frac{m x_1 + 2m x_2}{3m} =$  - координата центра масс

$\dot{x}_{ц.м} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_2) = \frac{1}{3}\left(\frac{2\sqrt{2}}{6}l^2\omega_1 + \frac{2\sqrt{2}}{6}l^2\omega_1 \cdot 2\right) = 0$

$\Rightarrow$  в момент встречи кин энергии

Тогда  $A = \frac{l}{6} = 5$        $l = 30$  см

Ответ:  $l = 30$  см

$$\Delta K = \left( 10^{-3} \cdot 10 \frac{10}{\sqrt{101}} - \frac{10^3 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{101}} \right) \cdot r = \text{Числовое}$$

$$= \left( \frac{0,1}{\sqrt{101}} - \frac{0,001}{\sqrt{101}} \right) r \Rightarrow 0 \Rightarrow$$

$$\sigma_1 > \sigma_2$$

$$n = \sqrt{\frac{mg(R - r + r \sin \alpha) + Eq(R - r \cos \alpha)}{mg(R - r) + r \sin \alpha + Eq(R + r \cos \alpha)}}$$

$$n = \sqrt{\frac{10^{-3} \cdot 10 \left( 1 - 0,25 + \frac{1}{4} \frac{10}{\sqrt{101}} \right) + 10^3 \cdot 10^{-6} \left( 1 - \frac{1}{4} \frac{1}{\sqrt{101}} \right)}{10^{-3} \cdot 10 \left( 1 - 0,25 - 0,25 \cdot \frac{10}{\sqrt{101}} \right) + 10^3 \cdot 10^{-6} \left( 1 + 0,25 \frac{1}{\sqrt{101}} \right)}}$$

Воспользуемся приближением

$$\frac{10}{\sqrt{101}} \approx \frac{10}{10} \approx 1$$

$$\frac{1}{\sqrt{101}} \approx \frac{1}{10}$$

$$n = \sqrt{\frac{10^{-2} \left( 1 - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \right) + 10^{-3} \left( 1 - \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{10} \right)}{10^{-2} \left( 1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) + 10^{-3} \left( 1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{10} \right)}}$$

$$10^{-2} \left( 1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) + 10^{-3} \left( 1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{10} \right)$$

$$n = \sqrt{\frac{10^{-2} + 10^{-3} \frac{39}{40}}{10^{-2} \cdot \frac{1}{2} + 10^{-3} \left( \frac{41}{40} \right)}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{39}{4}}{\frac{1}{2} + \frac{41}{4}}}$$

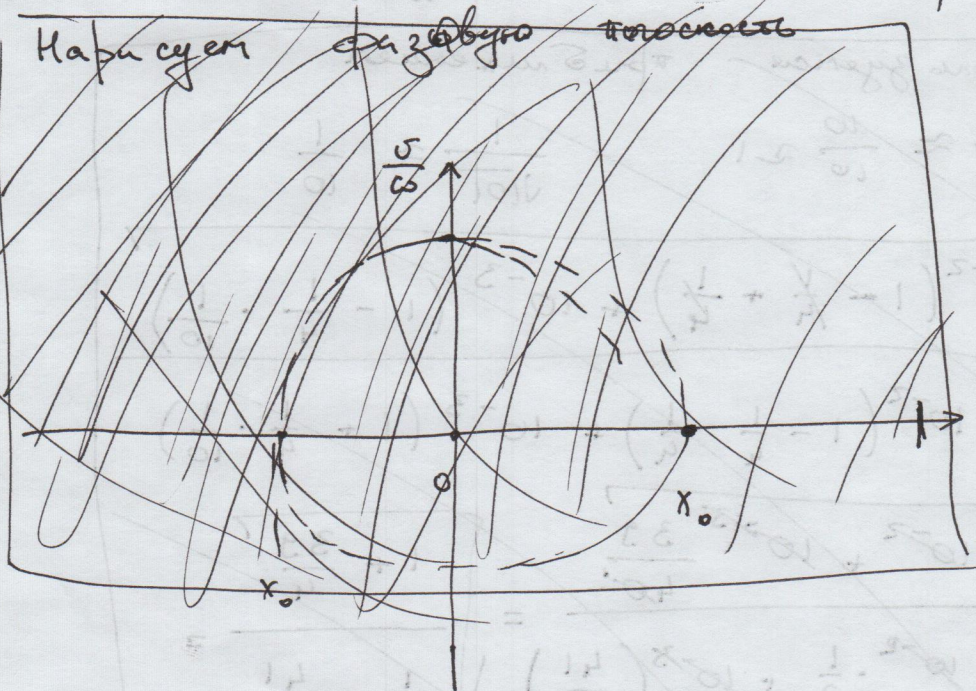
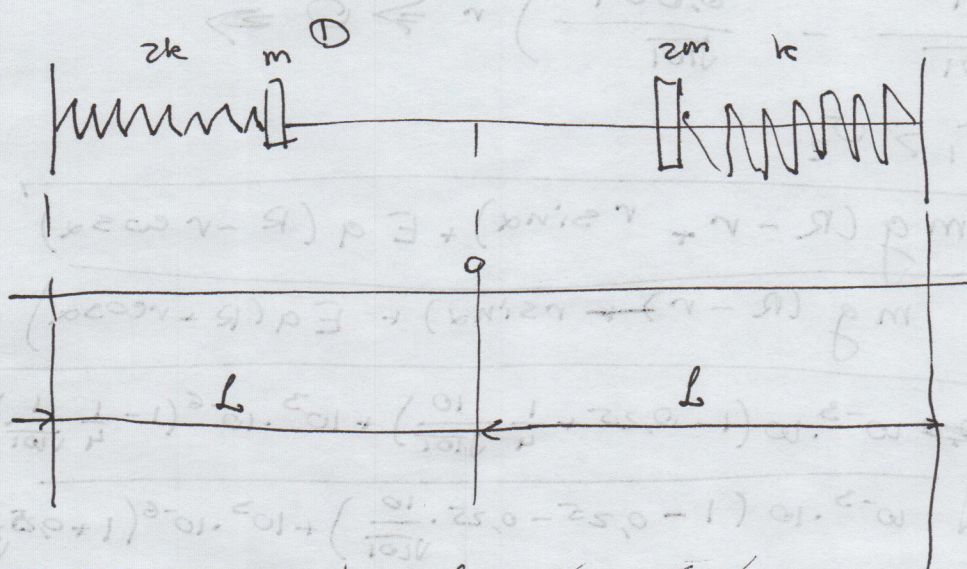
$$n = \sqrt{\frac{43}{4}}$$

$$n = \sqrt{\frac{10^{-2} \left( \frac{3}{4} + \frac{10}{4\sqrt{101}} \right) + 10^{-3} \left( \frac{4\sqrt{101} - 1}{\sqrt{101}} \right)}{10^{-2} \left( \frac{3}{4} - \frac{10}{4\sqrt{101}} \right) + 10^{-3} \left( \frac{4\sqrt{101} + 1}{4\sqrt{101}} \right)}}$$

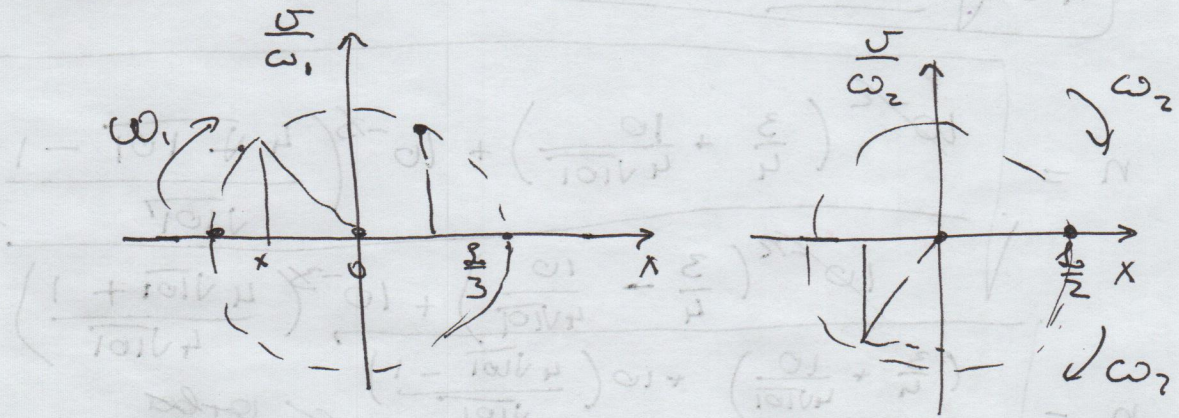
$$n = \sqrt{\frac{\left( \frac{3}{4} + \frac{10}{4\sqrt{101}} \right) + 10 \left( \frac{4\sqrt{101} - 1}{\sqrt{101}} \right)}{\left( \frac{3}{4} - \frac{10}{4\sqrt{101}} \right) + 10 \left( \frac{4\sqrt{101} + 1}{4\sqrt{101}} \right)}}$$

Задача 1.2.3

Уфонович



Фаз. плоскости для каждого из узлов



$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$$

Упростим

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = 2 \Rightarrow \omega_1 = 2\omega_2$$

Тогда  $x$  - координата груза

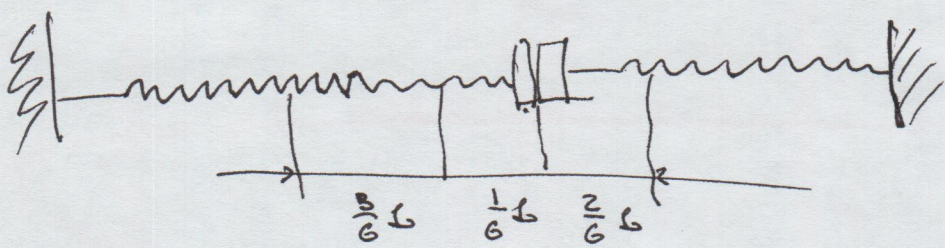
~~$$x = \frac{b}{2} + \frac{b}{2} \cos(\omega_1 t)$$~~

~~$$x = \frac{b}{2} + \frac{b}{2} \cos \omega t$$~~

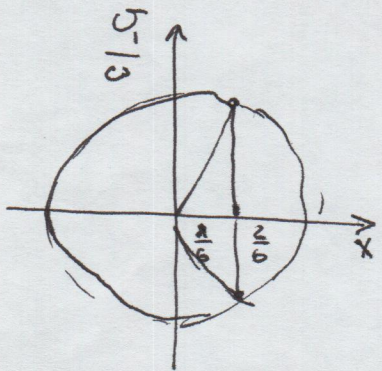
1ый грузит просто в 2 раза больше

до второго  $\Rightarrow \xi_1 = \frac{2}{3} \frac{b}{2} - \frac{b}{2} = \frac{2}{3} \frac{b}{2} = \frac{4}{6} b$

$$\xi_2 = \frac{2}{6} b$$



~~В момент времени~~



$$u_1 = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{6}\right)^2} \omega_1$$

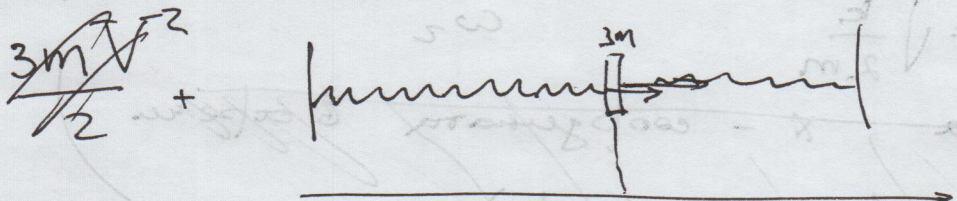
$$u_2 = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{6}\right)^2} \omega_2$$

ЗСИ  $m u_1 - 2m u_2 = 3M \bar{V}$

$$\bar{V} = \frac{1}{3} (u_1 - 2u_2) \Rightarrow \bar{V} = \frac{1}{3} (u_1 - 2u_2)$$

Мы можем писать ЗСИ т.к модули сил упругости не меняются мгновенно, а силы взаимодействуют все - взаимные.

Закон сохранения энергии



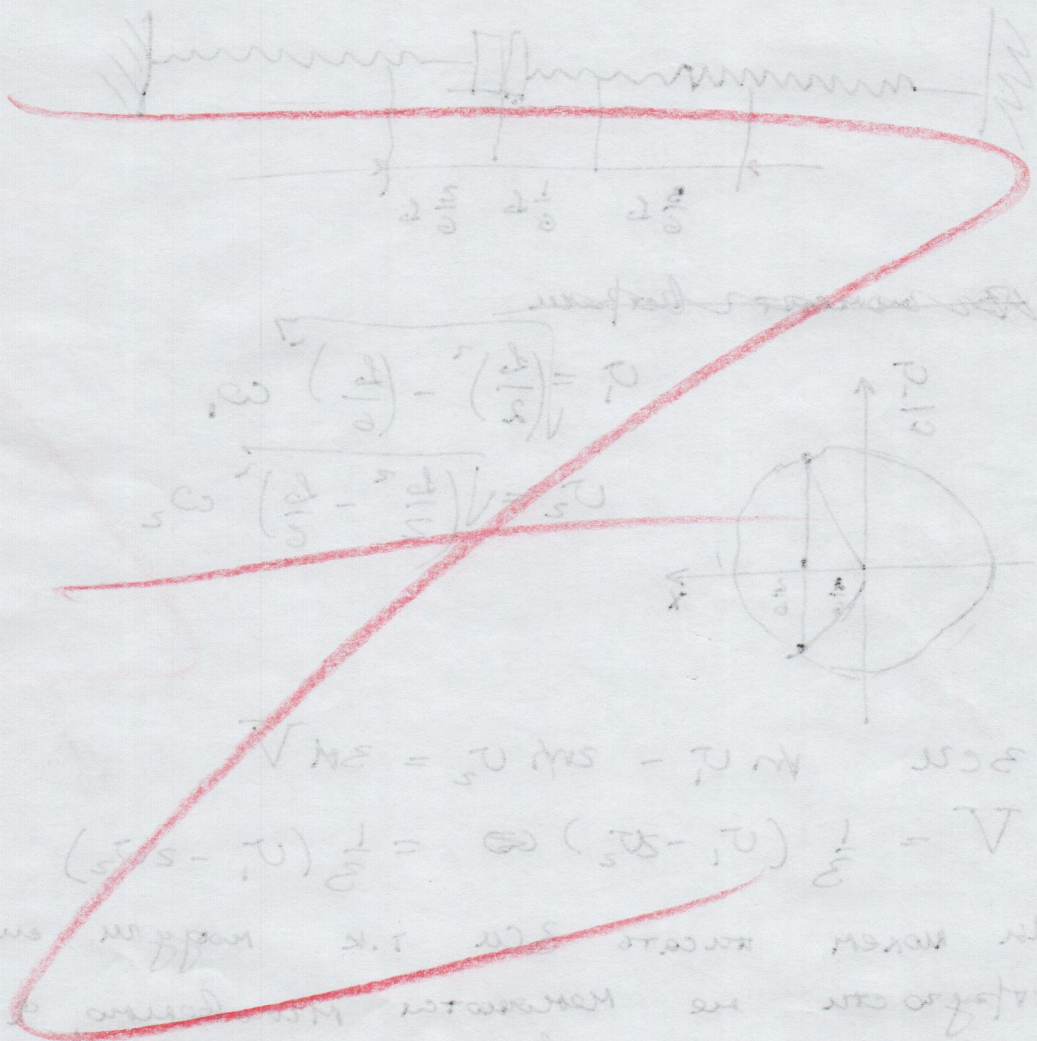
$$\frac{3m v^2}{2} + \frac{2kx^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = 0$$

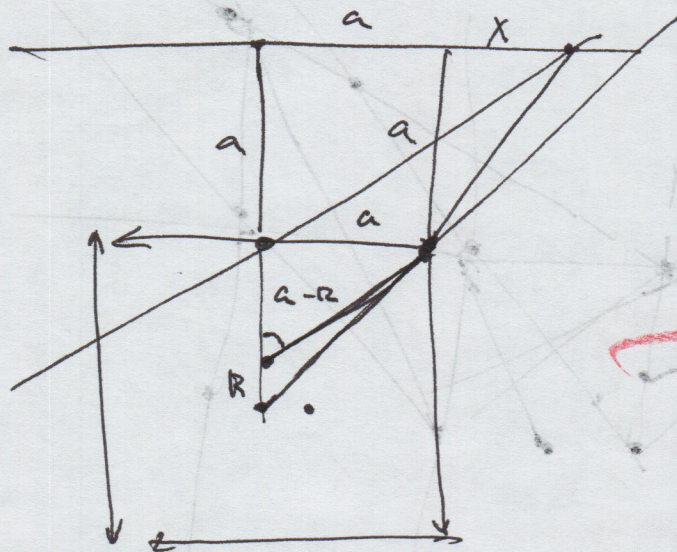
$$\frac{\beta m v^2}{2} + \frac{\beta kx^2}{2} = 0$$

$$\beta m a = -\beta k x$$

$$a + \frac{k}{m} x = 0$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$



 $a+x$ 

$$\tan \alpha = \frac{a-R}{a-R}$$

$$x = a \cdot \tan \alpha - a$$

$$x = a(\tan \alpha - 1) = a$$

$$\tan \alpha - 1 = 1$$

$$\frac{a}{a-R} = 2$$

$$a = 2a - 2R$$

$$3R = 2R = a$$

$$R = \frac{a}{2}$$

