



30-32-01-96  
(49.9)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Иванова Кирилла Романовича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*+ 1 лист* *Томаш*

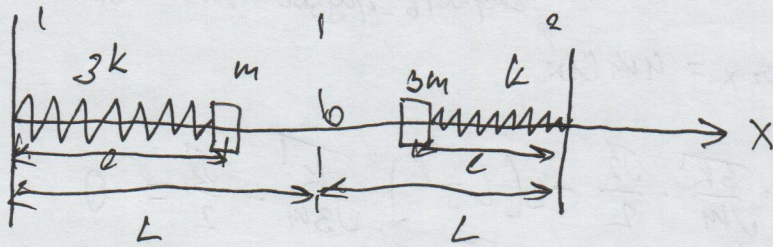
Дата  
«05» Марта 2023 года

Подпись участника  
*Иванова*



30-32-01-96  
(49,9)

Числовик 5 1.2. 2.



Дано:  
 $L = 20 \text{ см.}$   
 $l = 10 \text{ см.}$   
 $\omega = 3 \text{ рад/с}$   
 Найти  $3k$ ?

До столкновения грузы колеблются по гармоническому закону:

$$x_1 = -(L-l) \cdot \cos \omega_1 t$$

$$x_2 = (L-l) \cdot \cos \omega_2 t$$

Т.к. имеем разные частоты:  $\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$   
 $\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$

$$x_1 = -(L-l) \cdot \cos \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot t$$

$$x_2 = (L-l) \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot t$$

В момент столкновения  $x_1 = x_2$

$$-(L-l) \cdot \cos \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot t = (L-l) \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot t$$

$$\cos \left( \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot t \right) = \cos \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot t$$

$$\pi = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t \left( \sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \Rightarrow t = \frac{\sqrt{3}}{4} \pi \sqrt{\frac{m}{k}} - \text{время столкнов.}$$

Найдём скорости грузов в этот момент:

Скорости при колеб. груз. маятника:

$$v_{1x} = (L-l) \cdot \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \cos \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot t = (L-l) \cdot \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \cos \frac{3\pi}{4} = (L-l) \cdot \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$v_{2x} = -(L-l) \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \cos \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot t = -(L-l) \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \cos \frac{\pi}{4} = -(L-l) \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ см. ср.}$$

Баллы 20  
 Кусочки  
 1 2 3 4 5 82  
 20 20 20 20  
 Шарик  
 82  
 Всегда 82



чистовик: § 1.2.2 прыг.

З.С.И:

↑ скорость грузов после отп.

⊙ x:  $m v_{1x} + 3m v_{2x} = 4m v_{3x}$

$$4v_x = (L-l) \cdot \frac{3k}{m} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 3(L-l) \cdot \frac{k}{3m} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0$$

$v_x = 0 \Rightarrow$  тела остановились.

$$W = \frac{3kx^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

Найдём x:

$$x = (L-l) \cdot \cos \omega_2 \cdot t = (L-l) \cdot \cos \frac{\pi}{4} = (L-l) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$W = \frac{3k \cdot 2}{8} \cdot (L-l)^2 + \frac{k \cdot 2}{8} \cdot (L-l)^2$$

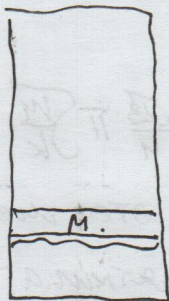
$$W = k(L-l)^2$$

$$3k = \frac{W}{(L-l)^2} \cdot 3 = \frac{3 \text{ Дж} \cdot 3}{(0,2 \text{ м} - 0,1 \text{ м})^2} = \frac{9}{0,1^2} = 900 \frac{\text{к}^2}{\text{с}^2}$$

Ответ:  $900 \frac{\text{к}^2}{\text{с}^2}$

- $P_m = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- $M = 100 \text{ кг}$
- $T = 400^\circ \text{ К}$
- $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
- $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- $\rho = 8,3 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$
- и в - ?

§ 2.2.2.



При температуре  $t_m = 0^\circ \text{C}$   
 Давление насыщенного пара  $< P_0 + Mg$

Объем между поршнем и водой  
 в нач. мом. времени = 0

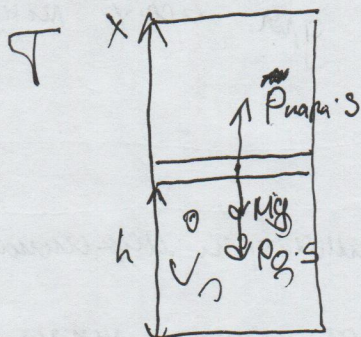
При  $T = 400^\circ \text{ К}$  кипит вода, т.к.  
 $P_m > P_0 + Mg \Rightarrow$  Поршень поднимается,  
 пока  $P_{\text{пара}}$  не стало равно  $P_0 + Mg$ .



30-32-01-96  
(49,9)

Чистый обтек.

5 2. 9.2. урогу.



1. 3. М. для воздуха:

$$0x: P_{\text{возд}} \cdot S = Mg + P_0 \cdot S$$

3. М. к для пара:

$$P_{\text{пара}} V = \frac{m}{\mu} \cdot R T$$

$$V = h \cdot S \Rightarrow P_{\text{пара}} = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R T}{h \cdot S}$$

$$\frac{m}{\mu} \cdot \frac{R T}{h} = Mg + P_0 \cdot S$$

$$m = \frac{\mu \cdot h}{R T} (Mg + P_0 \cdot S)$$

$$m = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,83}{8,3 \cdot 400} \cdot (1000 + 10^5 \cdot 10^{-2}) =$$

$$= \frac{18 \cdot 10^{-5}}{40} \cdot 2000 = 18,50 \cdot 10^{-5} = 0,00185 =$$

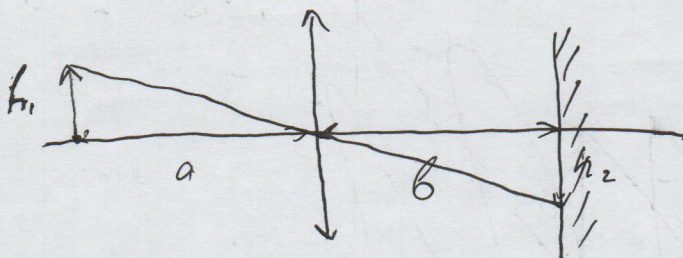
$$= 92.$$

Получая это значение мы пренебрегли начальным объёмом воды, для  $m=92$  это справедливо.

Ответ: 92.

54.5.2.

$D = 6 \text{ см}$   
 $r = 3$   
 $L = ?$



$$r = \frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a}$$

$$b = r \cdot a$$

$$L = b + a = a(r + 1)$$

Запишем уравнение тонкой линзы:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a \cdot r} = \frac{1}{a} \left( \frac{r+1}{r} \right) \Rightarrow a = \left( \frac{r+1}{r} \right) \cdot \frac{1}{\frac{1}{f}}$$

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

$$L = \frac{1}{D} \cdot \frac{(r+1)^2}{r} = \frac{4^2}{6 \cdot 3} = \frac{8}{9} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{8}{9}$  м

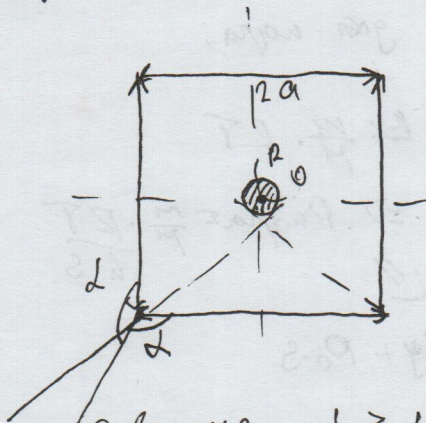


Условие: 55.3.2.

$$R = 2,25a$$

$$F = ?$$

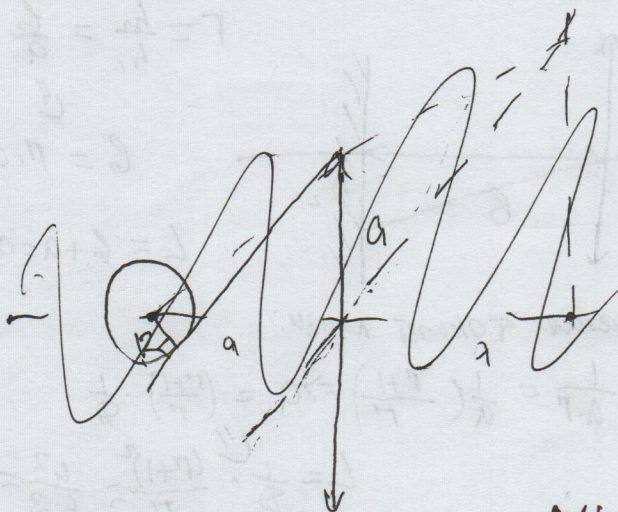
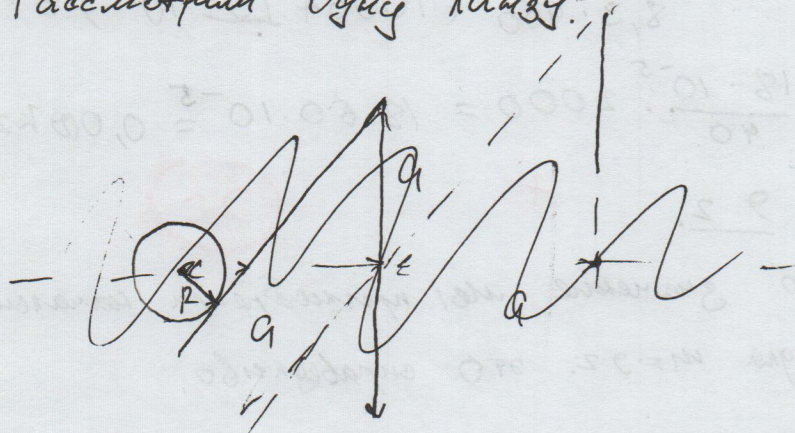
То условие 0 - фокус для всех линз  
 $\Downarrow$   
 $F = a$



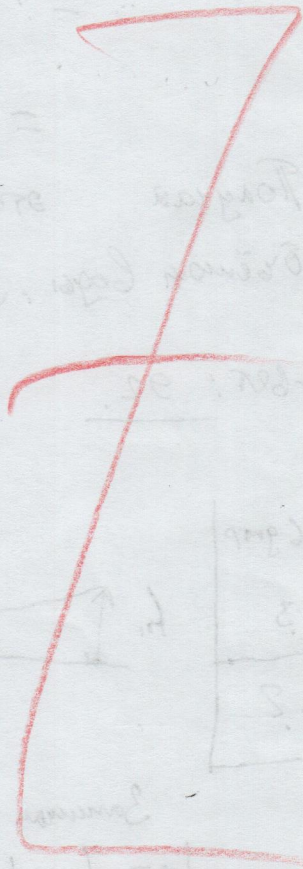
В силу симметрии максимальный отклонённый от каждой линзы луч, прошедший через нее, будет идти к ней под углом  $\alpha$ .

Что бы всё пространство было освещено  $\alpha \geq 135$ , тогда лучи ~~будут пересекаться~~ из соседних линз будут пересекаться.

Рассмотрим одну линзу:



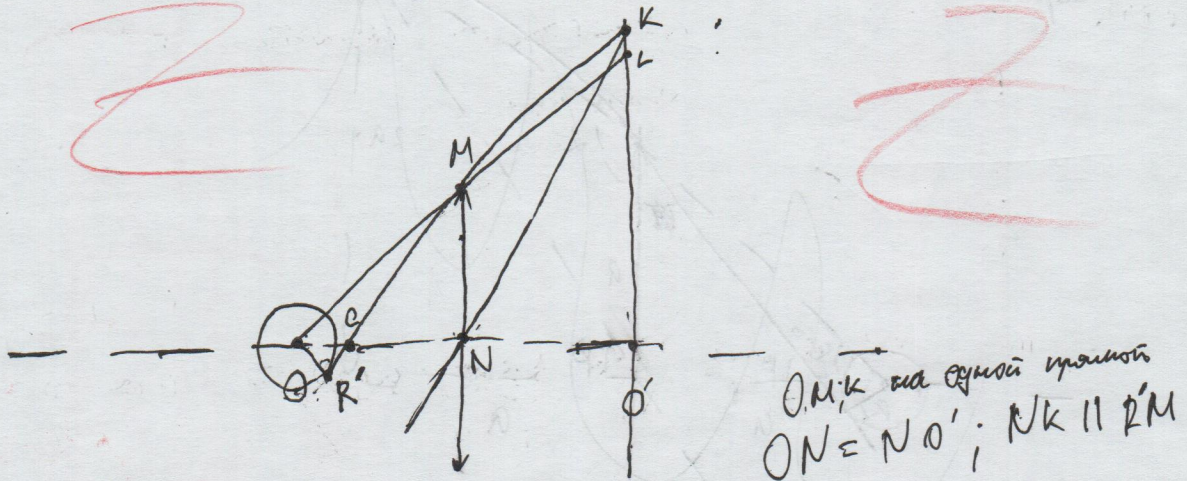
см. нр.





Числовик.

55.3.2 пр.



ОМ ⊥ на прямой касательной  
 $ON = NO'$ ;  $NK \parallel R'M$

Очевидно что наибольшая часть экрана  $O'K$  осветит луч  $R'M$  после прищипки  $MK$ , являющийся касательной к источнику. Т.к  $\angle MCN = \angle KNO'$ ,

следовательно  $\angle KNO'$  максимален при  $OR' \perp R'M$ , заметим по условию  $MN = ON \Rightarrow \angle MN = 135^\circ$

$\Leftarrow$   
 $KO'$  должен быть  $\geq LO$ , что бы осветить всё пространство

$\angle O' = 2 \angle MN = 2\alpha$ .

$\exists KO' = l \Rightarrow l \geq 2\alpha$ .

$\triangle R'OC \sim \triangle NCM \Rightarrow \frac{OC}{CM} = \frac{OR'}{MN}$

~~$CM$  по Ф. Пифагора =  $\sqrt{2} \cdot a$~~

~~$OR' = R \Rightarrow OC = \sqrt{2} R \Rightarrow CNE = a - \sqrt{2} R$~~

$RN = a$

$\triangle NR'M \sim \triangle O'NK \Rightarrow \frac{KO'}{MN} = \frac{NO'}{NC} \Rightarrow \frac{l}{a} = \frac{2\alpha}{a - \sqrt{2} R}$

$l \geq \frac{2\alpha}{a - \sqrt{2} R} \geq 2\alpha$

см пр.

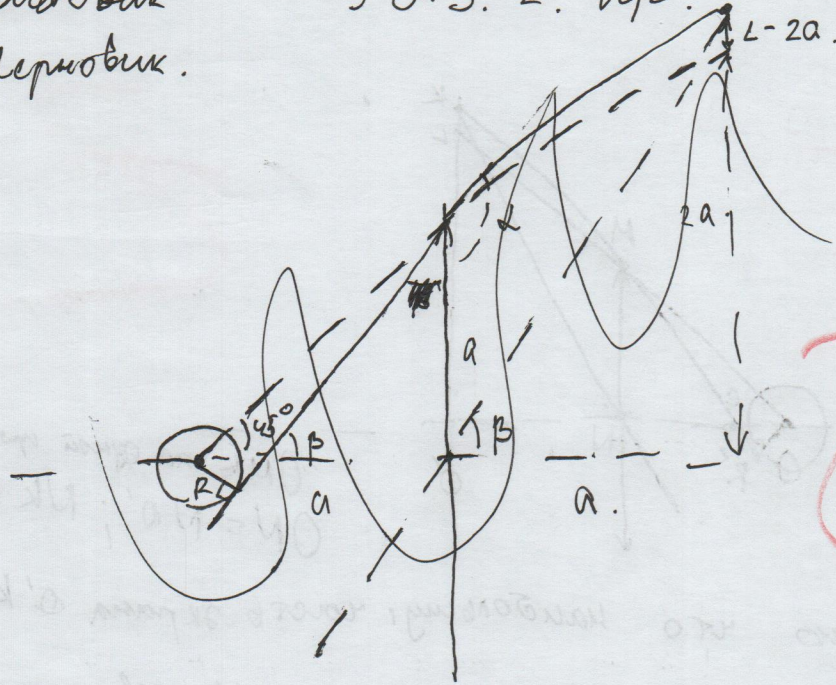
см пр.



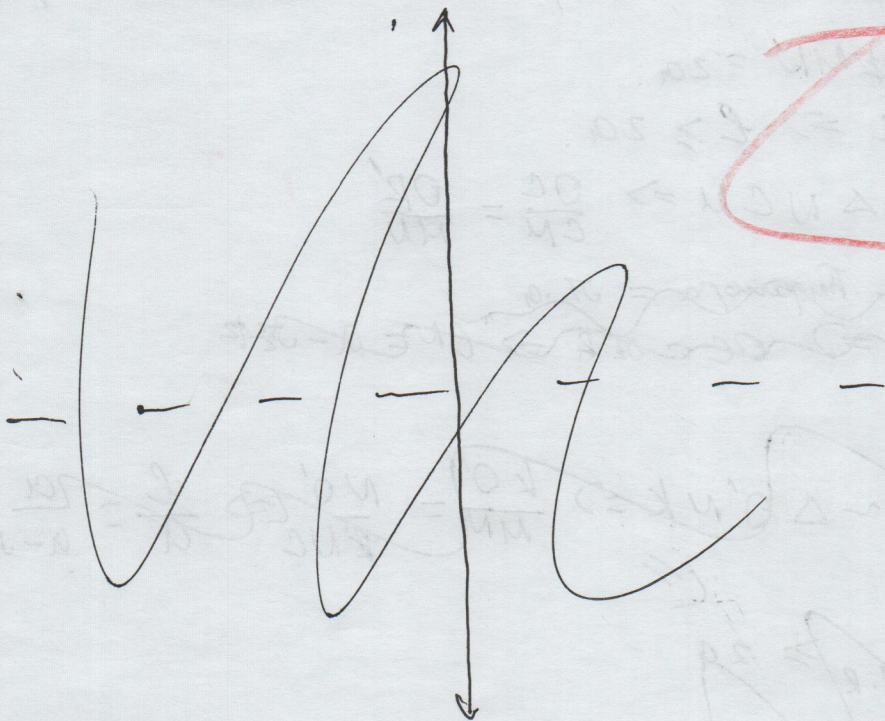
30-32-01-96  
(49.9)

Черновик  
Черновик.

55.3.2. пр.



Очевидно, что максимальный отклоненный луч будет иметь  
максимальный  $\Delta \beta$  до преломления, чтобы  $L-2a$  было  
максимальным.  
В случае  $L-2a \geq 0; \alpha \geq 135^\circ$





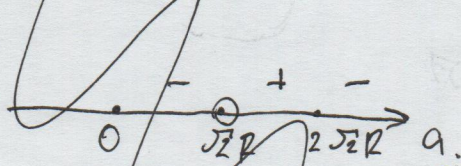
числовик.

55.3.2 урoд.

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

$$\Leftrightarrow a^2 - 2a^2 + 2\sqrt{2} \cdot aR \geq 0$$

$$\frac{a(2\sqrt{2}R - a)}{a - 2\sqrt{2}} \geq 0$$



Отвeт:  $a \in (\sqrt{2}R; 2\sqrt{2}R]$

CM по Th. Пифагора:

$$\begin{cases} CM^2 = CN^2 + MN^2 \\ \frac{OC}{CM} = \frac{OR'}{MN} \end{cases}$$

$$CN + CO = ON$$

$$\begin{cases} CM^2 = CN^2 + a^2 \\ \frac{a - CN}{CM} = \frac{R}{a} \end{cases}$$

$$\left(\frac{a^2}{R}\right) \cdot (a - CN)^2 = CN^2 + a^2$$

$$\Delta NR'M \sim \Delta O'NK \Rightarrow \frac{KO'}{MN} = \frac{O'N}{CN} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{e}{a} = \frac{a}{CN} \Rightarrow CN = \frac{a^2}{e}$$

$$\left(\frac{a^2}{R}\right) \left(a - \frac{a^2}{e}\right)^2 = \frac{a^4}{e^2} + a^2$$

$$\frac{a^2}{R^2} \left(1 - \frac{a}{e}\right)^2 = \frac{a^2}{e^2} + 1$$

$$\frac{a^2}{R^2} (e - a)^2 = a^2 + e^2$$

$$\frac{a^2 e^2}{R^2} - \frac{2a^3 e}{R^2} + \frac{a^4}{R^2} = a^2 + e^2$$

$$\frac{a^2 e^2}{R^2} - \frac{2a^3 e}{R^2} + \frac{a^4}{R^2} - a^2 - e^2 = 0$$

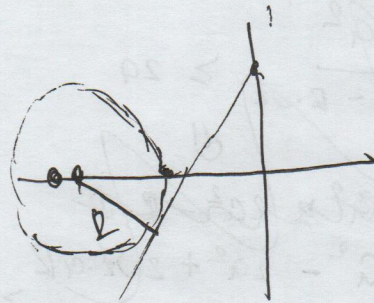
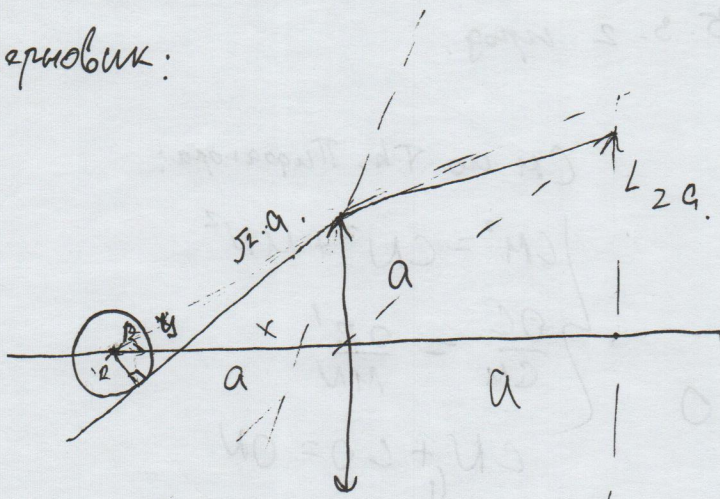
$$\frac{a^4}{R^2} = a^2 + 4a^2$$

$$\frac{a^2}{R^2} = 5a^2$$

$$a = 2\sqrt{5}$$



Черновик:



$$\frac{a}{R} = \frac{\sqrt{2} \cdot a}{y}$$

$$y = R \cdot \sqrt{2}$$

$$x = a - R \cdot \sqrt{2}$$

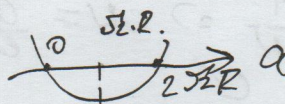
$$\frac{L}{a} = \frac{a}{a - R \cdot \sqrt{2}}$$

$$L = \frac{a^2}{a - R \cdot \sqrt{2}} \geq 2a$$

$$R \cdot \sqrt{2} < a$$

$$a^2 \geq 2a^2 - 2\sqrt{2}a \cdot R$$

$$a(a - 2\sqrt{2}R) \leq 0$$

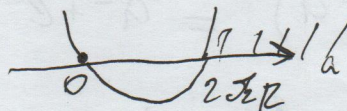


$$a \in [\sqrt{2}R; 2\sqrt{2}R]$$

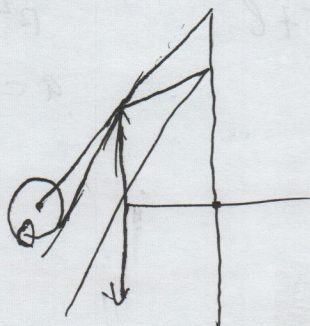
$$R \cdot \sqrt{2} > a$$

$$a^2 \leq 2a^2 - 2\sqrt{2} \cdot a \cdot R$$

$$a(a - 2\sqrt{2}R) \geq 0$$



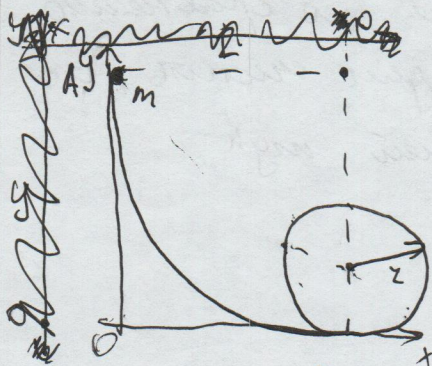
$$a > R$$





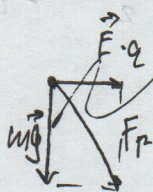
30-32-01-96  
(49.9)

Условие 5 3.9.2.



Минимальная скорость, означает минимальную кинетическую энергию  $\Rightarrow$  максимальную потенциальную энергию

И т.к. на тело действуют две силы  $\vec{E} \cdot q$  и  $m\vec{g}$  их результирующая сила, тоже будет постоянна.

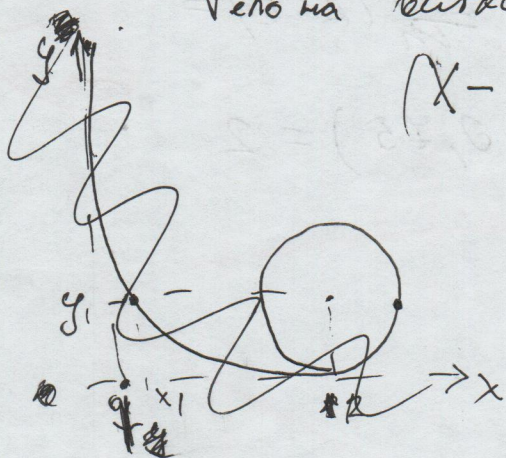


ан-?

Потенциальная энергия равна:  $mgy + q \cdot E x$ , а  $F_R$  -  $E \cdot q$ .

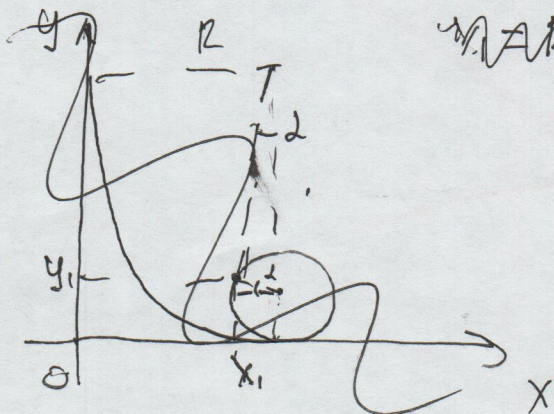
Тело на витке: уравнение витка:

$$(x-R)^2 + (y-R)^2 = R^2$$



$$mgy = E_n - \frac{q \cdot E x}{mg}$$

$$(x-R)^2 + \left( \frac{E_n - q \cdot E x}{mg} - R \right)^2 = R^2$$



МАР-

$$x^2 - 2Rx + R^2 + \left( \frac{E_n - q \cdot E x}{mg} - R \right)^2 - 2R \frac{E_n - q \cdot E x}{mg} = 0$$

на тело действует.

Рассмотрим равнодействующую  $m\vec{g}$  и  $\vec{E}q$ ,  $F_R$ .

угл. между  $F_R$  и вертикалью

$$F_R = \sqrt{(mg)^2 + (Eq)^2}$$

работ  $\frac{mg}{Eq}$   $F_R$  тоже диссипативна  $\Rightarrow$   $\sin \alpha$  будет наименьшей в точке, где проекция на ось  $F_R$  перпендикулярна  $m\vec{g}$



Чистовик. 53.9.2. пр.

Т.к.  $E \cdot q$  в 10 раз меньше по сравнению с  $mg$ , поэтому считаем, что минимальная скорость при наибольшей  $mg$

$$\Downarrow$$

$$h = 2r$$

$$\Downarrow$$

$$3 \text{ с. э.}$$

$$m \cdot g \cdot R = \cancel{2mgz} + \cancel{2mgz} + \frac{m v_{\min}^2}{2} + E \cdot q \cdot (R - z)$$

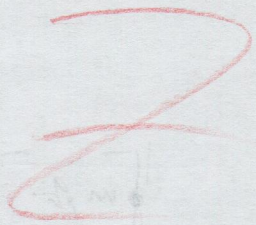
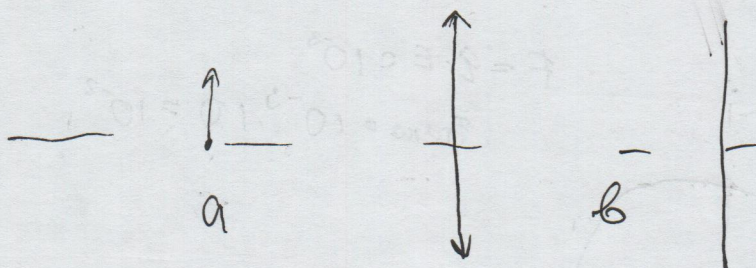
$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = mgR - 2mgz - E \cdot q \cdot (R - z)$$

$$v_{\min}^2 = 2(g(R - 2z) - \frac{E \cdot q}{m} (R - z)) =$$

$$= 2(10 \cdot 0,5 - \frac{10^{-3}}{10^{-3}} \cdot 0,75) = 2$$



Черновик.

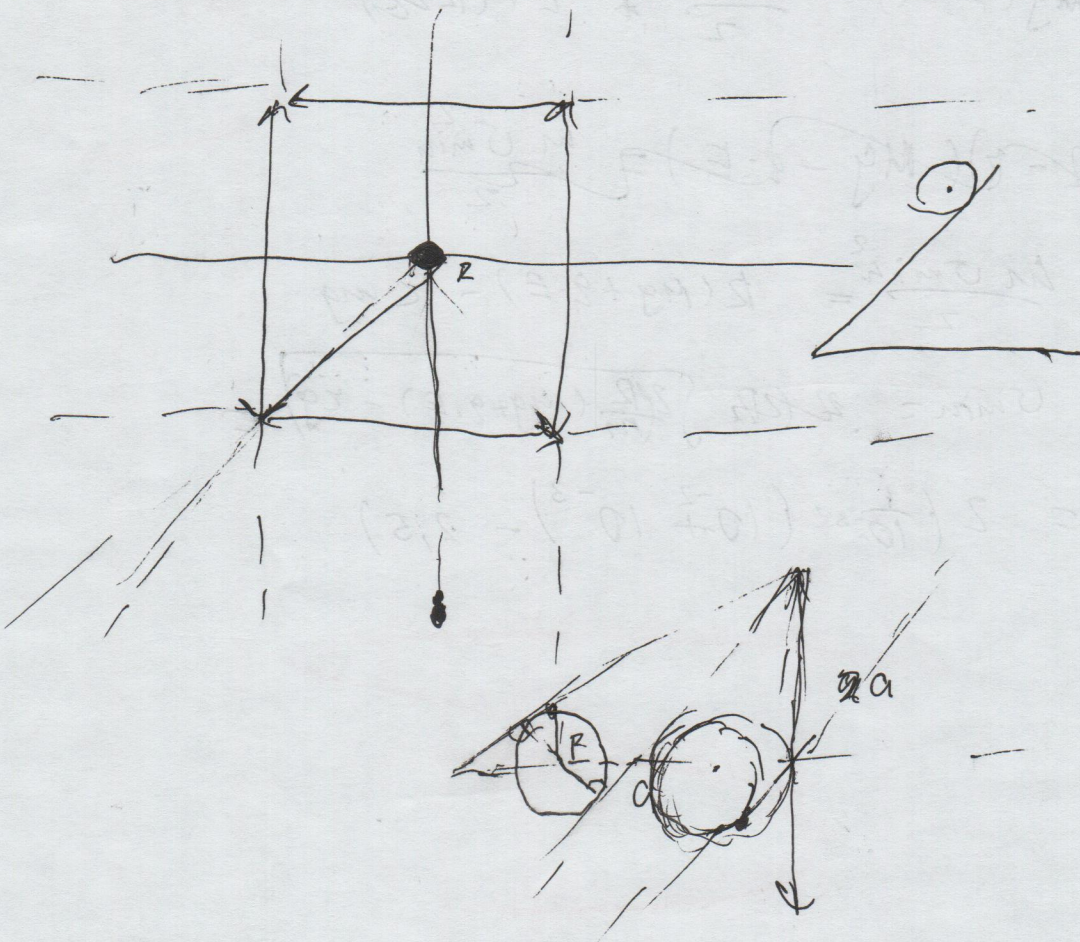


$$r = \frac{B}{G}$$

$$L = a + b = a(r+1) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a \cdot r}$$

$$\frac{1}{a} \left( 1 + \frac{1}{r} \right) = \frac{1}{f}$$

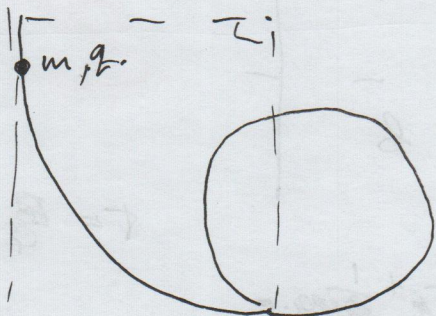
$$L = \frac{f}{r} (r+1)^2 = \frac{(r+1)^2}{r} \cdot \frac{1}{4} = \frac{16}{3 \cdot 6} = \frac{8}{9} \text{ м.}$$





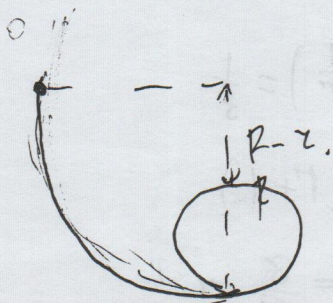
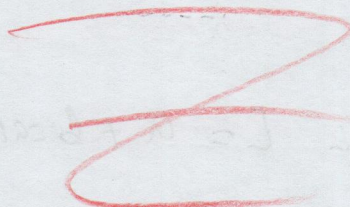
Черновик.

5.3.9.2.



$$F = q \cdot E < 10^{-8}$$

$$F_{\text{тяж}} = 10^{-5} \cdot 10 = 10^{-2}$$



$$q \cdot E = 10^{-3}$$

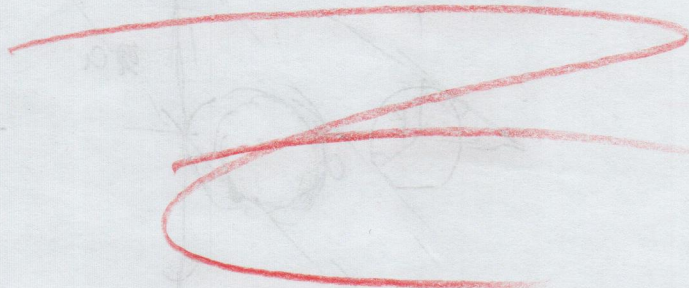
$$mg(R - z) = \frac{m v_{\text{min}}^2}{2} + q \cdot E(R - z)$$

$$(R - z)(mg - q \cdot E) = \frac{m v_{\text{min}}^2}{2}$$

$$\frac{m v_{\text{min}}^2}{2} = R(mg + q \cdot E) - zmg$$

$$v_{\text{min}} = \sqrt{2R \left( \frac{2R}{m} (mg + q \cdot E) - zg \right)}$$

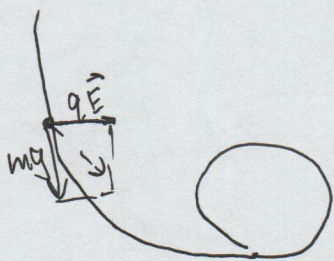
$$= 2 \left( \frac{1}{10^{-5}} \cdot (10^{-2} + 10^{-3}) - 2,5 \right)$$





Черновик.

59.9.2.

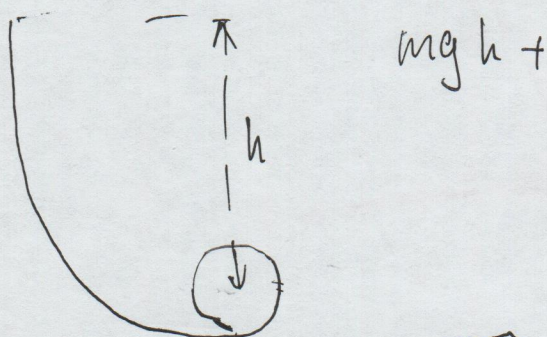


$$\frac{1,1 \cdot 10^{-8} \cdot R}{10^{-2} + \sqrt{10^{-4} + 10^{-6}}}$$

$$\frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-1}}{2}$$

$$mg(R - 2r) + E \cdot q \cdot R = \frac{mv_{\min}^2}{2}$$

$$2mgh > mgR + Eq \cdot R$$



$$2 \left( \frac{g(R - 2r) + E \cdot q \cdot R}{m} \right) = \sqrt{2(10 \cdot 0,5) + 1} =$$

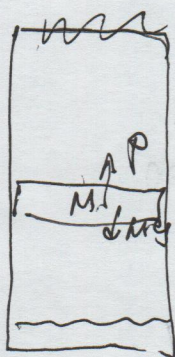
$$=$$

$$(x - R)^2 + (y - r)^2 = r^2$$



Черновик:

2. 9.2.



ПВ.  
 $T_1 = 243^{\circ}K$   
 $T_2 = 400^{\circ}K$   
 $0^{\circ}C$

$$P_H = 2,15 \cdot 10^5 > 10^5 + 1000$$

Газ будет поднимать поршень пока вся вода не испарится. и давление воды не будет равно  $P_0 + P_H$ .

$$P_H V = \frac{m}{M} R T$$

$$0,83 \cdot 10^{-2} = 83 \cdot 10^{-4}$$

$$V = h \cdot S + \frac{m}{\rho}$$

$$m = \frac{10 \cdot h \cdot S \cdot M}{R T} = \frac{1,1 \cdot 10^5 \cdot 0,83 \cdot 10^{-2} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 400} = \frac{0,11 \cdot 18}{400}$$

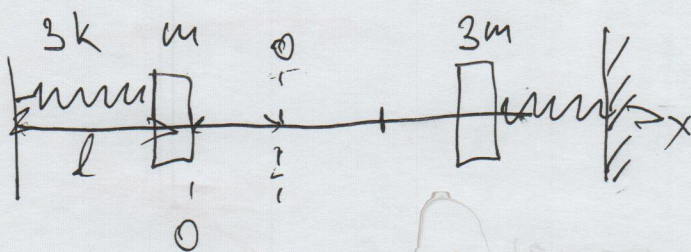
$$= \frac{0,20}{200} \approx 5 \cdot 10^{-3} = 52$$

$$\frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^5} = 5 \cdot 10^{-6}$$



Черновик.

У1, 2.2.



$$x_1 = \dots + (L-l) \cdot \cos \omega_1 t$$

$$x_2 = (L-l) \cdot \cos \omega_2 t$$

$$-\cos \sqrt{\frac{3k}{m}} t = \cos \sqrt{\frac{k}{3m}} t$$

$$\sqrt{\frac{3k}{m}} t = \sqrt{\frac{k}{3m}} t + \dots$$

~~x4 =~~

$$\pi - \sqrt{\frac{3k}{m}} t = \sqrt{\frac{k}{3m}} t$$

$$\pi = \sqrt{\frac{k}{m}} t \left( \sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right)$$

$$t = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$u_{1x} = (L-l) \cdot \omega_1 \cdot \sin \omega_1 t = (L-l) \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \sin \left( \frac{3}{4} \pi \right)$$

$$u_{2x} = -(L-l) \cdot \omega_2 \cdot \sin \omega_2 t = -(L-l) \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \sin \frac{1}{4} \pi$$

$$u_{1x} = (L-l) \sqrt{\frac{3k}{m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$u_{2x} = -(L-l) \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$u_{1y} = \dots \quad u_{2y} = 0$$

~~x =~~

$$k \Delta l = ma$$

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

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

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$$

$$W = \frac{3k}{2} (L+x)^2 + \frac{k}{2} (L-x)^2 + \frac{m \omega_1^2}{2} + \frac{3m \omega_2^2}{2}$$

$$W_{1y} + W_{2y} = 0$$

$$W_1 u_1 - 3W_2 u_2 = 0 \cdot 4m$$

