



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Ульяновск
город

Выход: 14:26₅₈ - 14:29₂₆
Сид

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Русике
профиль олимпиады

Сабдуллин Тимурхан Густамович
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«19» февраля 2025 года

Подпись участника
Сид

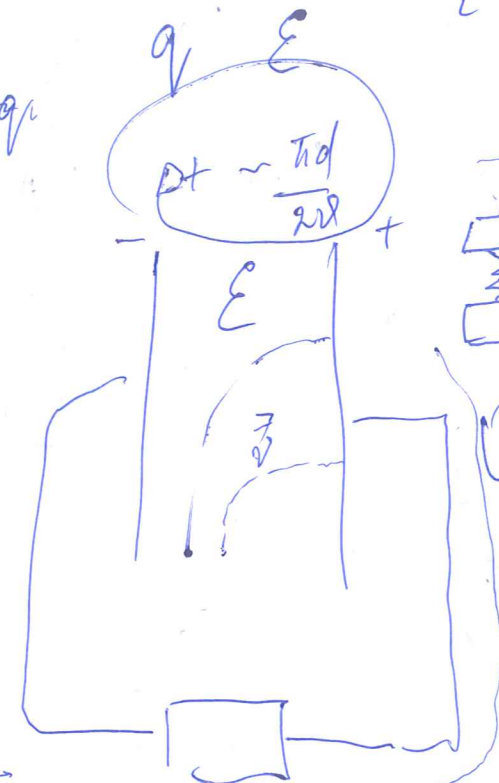
Термодинамика

$$R = \frac{m v^2}{q B}$$

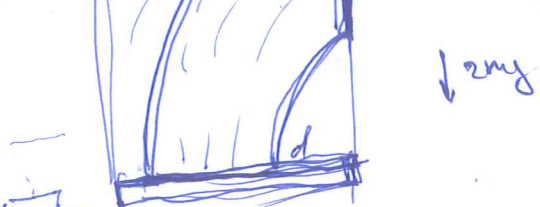


$$R = \frac{m v^2}{q B}$$

$$dN = q n dV$$



$$K \frac{(dx+x)^2}{2}$$



$$Q = \frac{E}{R} \cdot d$$

$$a = q v d$$

$$E = \frac{q}{c} \cdot \frac{K d x}{2}$$

$$j = \sigma E$$

$$F_1 = \frac{q d}{2}$$

$$F_2 = \frac{q d}{2}$$

$$\Gamma = \frac{1}{d}$$

$$\Gamma = \frac{1}{d}$$

71-67-74-04
(6.1)

Задача N 2.2.3

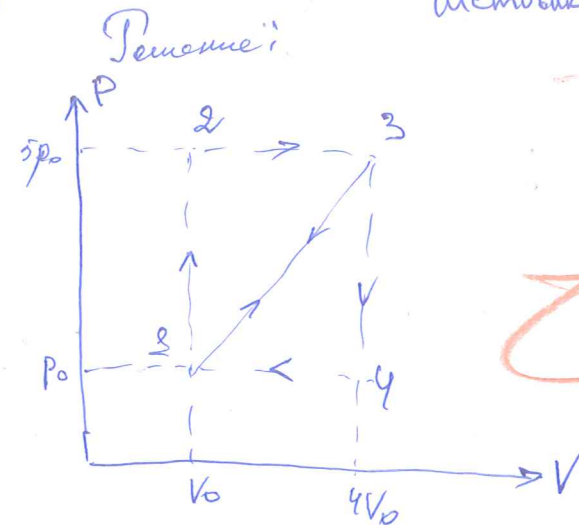
Дано: 123

Процесс

1-2-3-4

1-3-4-2

$$\frac{q_{1-3-4-1}}{q_{2-3-4-1}}$$



1. Рассчитаем

$q_{1-3-4-1}$

Используя I начало термодинамики: $\delta Q = \delta A + dU$

и Ур. Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT$

$$A_{1-3-4-1} = \frac{(5p_0 - p_0)(4V_0 - V_0)}{2} \quad (\text{т.к. } q_{1-3-4-1} = 0)$$

$$A_{1-3-4-1} = 6p_0V_0$$

Теперь посчитаем $Q_{1-3-4-1}$

1-3:

$$A_{1-3} = \frac{(p_0 + 5p_0)(4V_0 - V_0)}{2} = 3p_0V_0 \quad (\text{т.к. } q_{1-3} = 0)$$

$$q_{1-3} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{1}{2} (20 p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{19}{2} p_0V_0$$

$$Q_{1-3} = \frac{75}{2} p_0V_0$$

3-4:

$A = 0$ (изохорный процесс) $dU < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$

4-1: $dU < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$; $A < 0$.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

$$Q_{1-3-4-5} = Q_{1-3} \Rightarrow \gamma_{1-3-4-5} = \frac{A_{1-3-4-5}}{Q_{1-3-4-5}} \text{ Микробар}$$

$$V_{1-3-4-5} = \frac{60 \text{ V}_0}{\frac{75}{2} \text{ p}_0 \text{ V}_0} = \frac{12}{75} = \frac{4}{25} = 0.16$$

2. Ищем $y_{1-2-3-1}$

Посчитаем $A_{1-2-3-1} = \frac{(5p_0 - p_0)(4V_0 - V_0)}{2} \left(\text{наследство} \right)$

$A_{1-2-3-5} = 6 \text{ p.u.}$

Посчитаем $Q_{+1-2-3-1}$.

1-2: $A=0$ (изохорный процесс) $\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}(p_0 V_0 - p_0 V_0) = 6p_0 V_0 \Rightarrow Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = 6p_0 V_0$$

2-31

$$A_{2-3} = 5\% (4V_0 - V_0) \neq 15\% V_0 \text{ (Правильно под вопросом)}$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{1}{2} \dot{V} R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = \frac{3}{2} (20 p_0 V_0 - 5 p_0 V_0)$$

$$= \frac{45 p_0 V_0}{2}$$

$$Q_{2-3} = \frac{75}{2} \text{ p.u.}$$

$$3-1; dM < 0 \Rightarrow DM < 0; A < 0$$

$$Q_{1-2-3-1} = Q_{1-2} + Q_{2-3} = \frac{87}{2} \text{ poVo}$$

$$y_{1-2-3-1} = \frac{A_{1-2-3-1}}{Q_{1-2-3-1}} = \frac{6 \text{ p.u.}}{\frac{87}{2} \text{ p.u.}} = \frac{12}{87} = \frac{4}{29}$$

$$\frac{\sqrt{1-3-4-1}}{4-1-2-3-1} = \frac{29}{4} \cdot \frac{4}{25} = \frac{29}{25} = 1,16$$

Терновик

$$V = \frac{R}{d-R}$$

$$(F)_d \approx$$

$$V \sim \chi^2_d$$

$$P_2 = \frac{x_d}{d - x_d} \quad 2$$

$$|\gamma_X|' \approx \frac{d(d-x_d) + d(x_d)}{1 + \frac{(d-h)^2}{L}} \approx 2,05$$

$(d - x_d) \left(\frac{F}{d+F} \right)^{-1} \left(1 + \frac{d+h}{2L} \right) = \frac{d-h}{2L}$
 $\left(\frac{d-R}{R} \right)^{-1} \left(\frac{d}{R} - 1 \right) \left(1 + \frac{2h}{2L} \right) = \frac{h}{L} \Rightarrow \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h}{L} = 1$

$$\underline{1} \rightarrow \Gamma \geq 0, \quad \underline{1} \rightarrow F \geq 0$$

Handwritten notes and diagrams illustrating wave interference and diffraction:

- Top Left:** A diagram showing two sinusoidal waves, labeled λ and 2λ , with arrows indicating their direction.
- Top Center:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Top Right:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Middle Left:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Middle Right:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Bottom Left:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Bottom Center:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.
- Bottom Right:** A diagram showing a wave passing through a slit of width d . The wave is represented by a sine wave with amplitude $A \sin(\omega t + \phi)$. The distance from the slit to the observation point is $2H$.

Термодинамика:
Потенциал:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const}$$



$$m\ddot{x} + kx = 0$$

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

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

$$v_{\max} = v_0$$

$$x = \frac{mv_0}{k} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$



$$\frac{2mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$



$$2mx + kx = 0$$

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

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2} - mv^2$$



$$a = A_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$



71-67-74-04
(6.1)

Омберт:

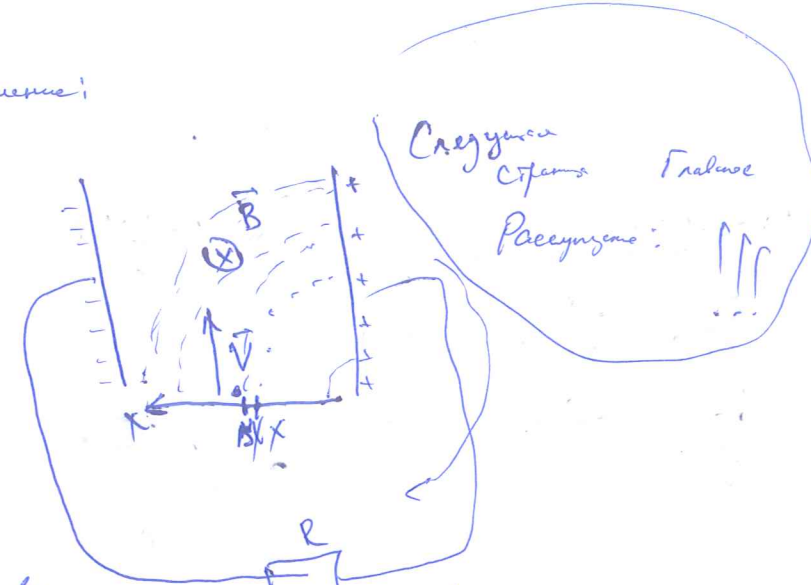
$$\sqrt{\frac{1-3-4-1}{3-2-3-1}} = \frac{25}{25} = 1,16$$

Числовик

Задача 3.3.3

Дано:
 $R = 20,4 \text{ Ом};$
 $d = 40 \text{ см}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P_{\max} = 1 \text{ Вт}$

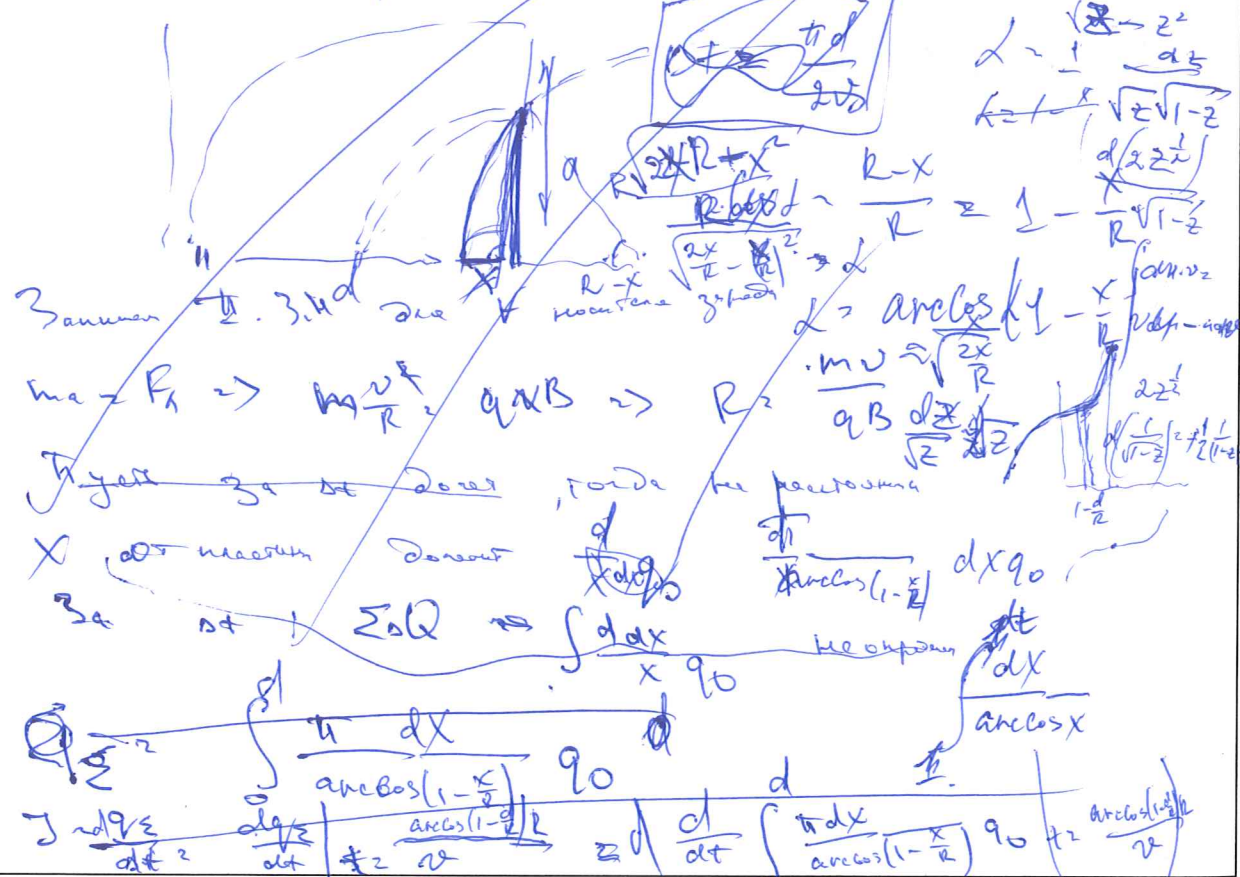
Решение:



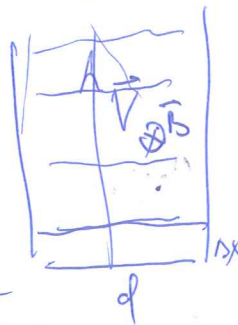
Потенциал. За малое время Δt на частицу совершено какое-то количество работ. Значит, если эта частица обладает зарядом q , то $d\varphi = \frac{W}{q}$.

$$P = \frac{1}{2} R$$

За время Δt , самый крайний кончик дойдет до неопределенности $\frac{dx}{dt}$.



Задача: На цепи как показано! Имеет ёмкость C и индуктивность L .
Взглянем на цепь как на проводник.



Задача: найти $\frac{dQ}{dt}$ и $\frac{dI}{dt}$ как производные.

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{dX}{dt} B d = -v B d$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{dQ}{dt} = v B d$$

$$\mathcal{E}_i^2 = \frac{P}{R} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} = \frac{v^2 B^2 d^2}{R}$$

$$v = \frac{\sqrt{PR}}{Bd} = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}}}{B} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

Нет вычитания $0,4 \text{ м} \cdot 1 \text{ Тл}$

$$\frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,4} \text{ м/с} = 0,5 \cdot 10^{-1} = 0,05 \text{ м/с} = 5 \text{ см/с}$$

$$\text{Ответ: } 5 \text{ см/с} = 0,05 \text{ м/с}$$

$$a(t) = -\omega^2 x_0 \cos(\omega t + \varphi) - \text{и т.д.}$$

Запишем ЗСЭ:

$$mgy + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + mv_0^2$$

$$k = \frac{mg}{\Delta x}$$

$$\Delta x = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{2gh}{2g} = \frac{h}{4}$$

$$k = \frac{4mg}{h} = \frac{4 \cdot 1}{0,08} = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Объяснение: Ось будет проходить через центр масс.

$N \geq 0$, при этом ось будет проходить через центр масс.

Там же мы предположили, что $\Delta x_0 = \frac{mg}{k}$ (до того как ушел шарик).

В данный момент шарик будет находиться над осью, это означает

$$F_{\text{упр}} = mg \Rightarrow \Delta x_{20} = \frac{mg}{k}$$

То есть шарик как шарик с силой mg будет падать вниз.

Он снова будет падать вниз, но будет возвращаться.

и если $\Delta x_2 \geq \Delta x_{20}$, то шарик будет отрываться.

Запишем ЗСЭ в полной форме.

$$E_{k1} + E_{п1mg} + E_{п1kx} = E_{k2} + E_{п2mg} + E_{п2kx}$$

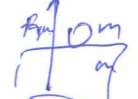
Очевидно, что в крайнем положении шарика $\Delta x_{10} = 0 \Rightarrow E_{п1mg} = 0$
 $E_{k1} + E_{п1kx} = \Delta E_{п2mg} + E_{k2}$, что и было выписано I
 Ответ: $k = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

$$K = \frac{(mg)^2}{2mV_{00}^2} = \frac{2mg^2}{mV_{00}^2} = \frac{2mg}{V_{00}^2} = \frac{2 \cdot 100}{8^2} = \frac{100}{8} = 12,5 \frac{H}{m}$$

$$K = 12,5 \frac{H}{m}$$

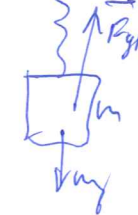
$$D_{max}, K = 12,5 \frac{H}{m}$$

Изначально со стороны пола сила $N = mg$.
Гармон. колебание системы будет происходить до тех пор, пока $N \geq 0$ $\Rightarrow$ сила $N = 0$, это граничное условие, сила $N = 0$, т.е.



Фигур. max из II.3.4.

тогда удлинение $\Delta x_{max} = \frac{mg}{K}$



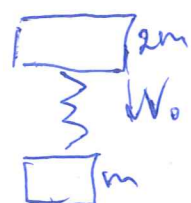
Изначально пружина сжата

на $\Delta x = \frac{mg}{K}$ (из II.3.4, до) тогда значение кинетической энергии

З.С.7:

$$\frac{2mV_{00}^2}{2} + \frac{K\Delta x_1^2}{2} = \frac{K\Delta x_2^2}{2} + mg(\Delta x_1 + \Delta x_2)$$

Заменим З.С.7.1



$$-mV_0^2 + \frac{Kx^2}{2} = \frac{Kx_0^2}{2} + mV_0^2$$

$$\frac{dE}{dt} = 0 \text{ (при гарм. колебаниях)}$$

$$2mVa + Kxv = 0 \Rightarrow a + \frac{K}{2m}x = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{2m}}$$

$$\Delta x(t) = \Delta x_0 \cos(\omega t + \varphi) + \Delta x_1$$

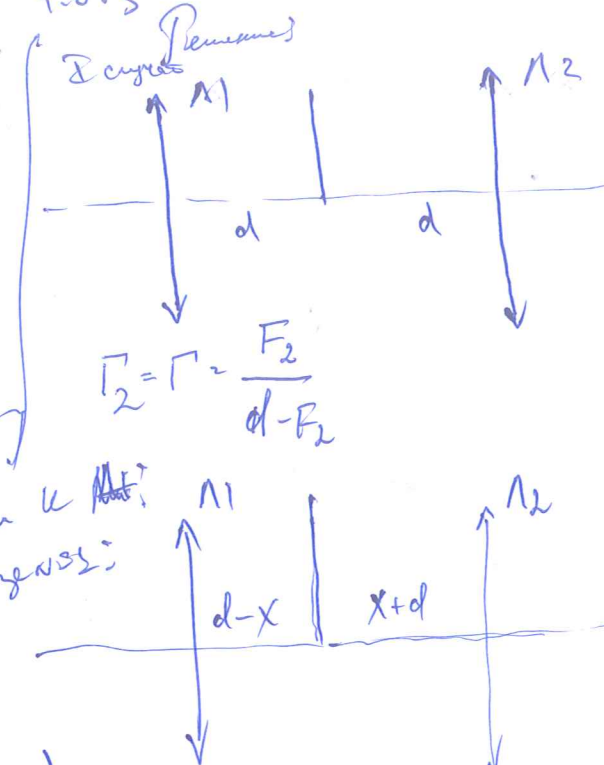
и.ч.

$$v(t) = -\omega \Delta x_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

71-67-74-04
(6.1)

Задача 4.8.3

Дано: F_1, F_2
 $d = 25 \text{ cm}$
 $\Gamma_1 = 2$
 $F_2 = \Gamma$
 $x = 5 \text{ cm}$
 $\Gamma = ?$



Исходные $\Gamma_2 = 0$
по условию на расстоянии $2F$ от первого нити $F_1 = \frac{d}{2}$

$$\Gamma_1 = F_2$$

$$\frac{F_1}{(d-x)-F_1} = \frac{F_2}{(d+x)-F_2} \Rightarrow \frac{F_2}{(d+x)-F_2} = \frac{d/2}{d-x-d/2} = \frac{1}{1-\frac{2x}{d}}$$

$$\frac{F_2}{0,30-F_2} = \frac{1}{1-0,4} = \frac{5}{3} \Rightarrow 3F_2 = -5F_2 + 1,5$$

$$F_2 = \frac{1,5}{8} \text{ H} > F_1; F_2 = \frac{3}{2} F_1$$

$$\Gamma = \frac{3}{2} F_1 = \frac{1}{\frac{2d}{3F_1} - 1} = \frac{1}{\frac{4}{3} - 1} = 3$$

II случай предположим, что смещение к левому нити Δx_2 дает толчок $\Rightarrow$ раз $\Delta x_1 > d \Rightarrow \Gamma_1 > 0$

из формулы тонкой нити:

$$\frac{1}{1} + \frac{1}{a} = \frac{1}{R}, \text{ а } \Delta x_2 < d \Rightarrow \Gamma_2' > \Gamma_2$$

$$\Gamma > \Gamma_2 > 0 \Rightarrow \Gamma > \Gamma_2 > 0$$

Исходные

$$\frac{F_1}{(d+x)-F_1} = \frac{F_2}{(d-x)-F_2} \Rightarrow \frac{F_2}{(d-x)-F_2} = \frac{d/2}{d+x-\frac{d}{2}}$$

$$\frac{F_2}{(d-x)-F_2} = \frac{1}{1+\frac{2x}{d}} = \frac{1}{1+0,4} = \frac{5}{7}$$

$$7F_2 = -5F_2 + 5(0,2) \Rightarrow F_2 = \frac{1}{12} \text{ м} < F_1 \quad F_2 = \frac{2}{3} F_1$$

$$\Gamma = \frac{F_2}{d-F_2} = \frac{\frac{2}{3} F_1}{d-\frac{2}{3} F_1} = \frac{1}{\frac{3d}{2F_1}-1} = \frac{1}{2}$$

Подходит
 Ответ: $\Gamma = 3, \frac{1}{2}$ (2 случая разобраны)

Задача 5.8.3

Дано: $h \ll L$
 $N \approx 200$ $L \approx 1 \text{ м}$ $H \approx 5 \text{ см}$
 Размеры: Система, Периодическая, $\gamma \approx 0,2$
 в Задачах, на таком же расстоянии h будет находиться центр шар, который будет проходить поперек некоего сечения

так $h \ll L \Rightarrow$ точечная масса, то есть $d \approx \sqrt{R^2 + L^2}$
 из условия минимума $d = \sqrt{(R+h)^2 + L^2} = \sqrt{R^2 + L^2}$
 $d \approx \sqrt{\left(\frac{R+h}{L}\right)^2 + 1} = \sqrt{\left(\frac{R-h}{L}\right)^2 + 1}$

Используя формулу приближения $(1+x)^n \approx 1+nx$, где $x \ll 1$
 $d \approx L \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{R+h}{L} \right)^2 - 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{R-h}{L} \right)^2 \right) = \frac{1}{2L} (R+h)^2 - \frac{1}{2L} (R-h)^2 = \frac{1}{2L} (R+h - R+h) (R+h + R-h) = \frac{1}{2L} (2h) (2R) = \frac{2hR}{L}$

$$d \approx \frac{1}{2L} \cdot 2h \cdot (2R) = \frac{2hR}{L}$$

$$d_{\max} (R_{\max} = H) = \frac{2hH}{L}$$

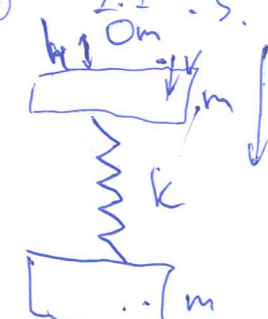
$$\left(\frac{R+h}{L} \right)^2 = \left(\frac{H+h}{L} \right)^2 = \left(\frac{H}{L} \right)^2 + 2h \frac{H}{L^2} + \left(\frac{h}{L} \right)^2$$

$$N = \frac{d_{\max}}{\lambda} = \frac{2hH}{\lambda L} \Rightarrow h = \frac{N \lambda L}{2H}$$

$$h = \frac{100 \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,05 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} = 1 \text{ м}$$

Ответ: $h = 1 \text{ м}$.

Задача 1.1.3.



Дано:
 $m \approx 100 \text{ г}$
 $h_{\max} \approx 8 \text{ см}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $k = ?$

Решение:
 По условию сказано, что маятник пластмассовый и угол $\angle$ между верхним и нижним звеньями равен 30° .
 ЗСН: $V_{\text{норм}} = V_{\text{осн}} (2m)$

$$V_{\text{осн}} = \frac{2V_{\text{норм}}}{2}$$

$$V_{\text{норм}} = \sqrt{2gh}$$

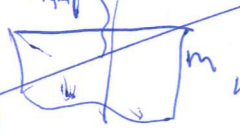
Принимая во внимание, что $d \approx \frac{m}{k}$



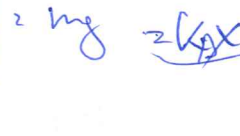
Масса m действует на маятник вверх



$$N \approx 2m \gamma$$



Отрыв происходит, когда $N \approx 0$ и $N \approx 2m \gamma$



$$F_{\text{грав}} = mg = kx$$