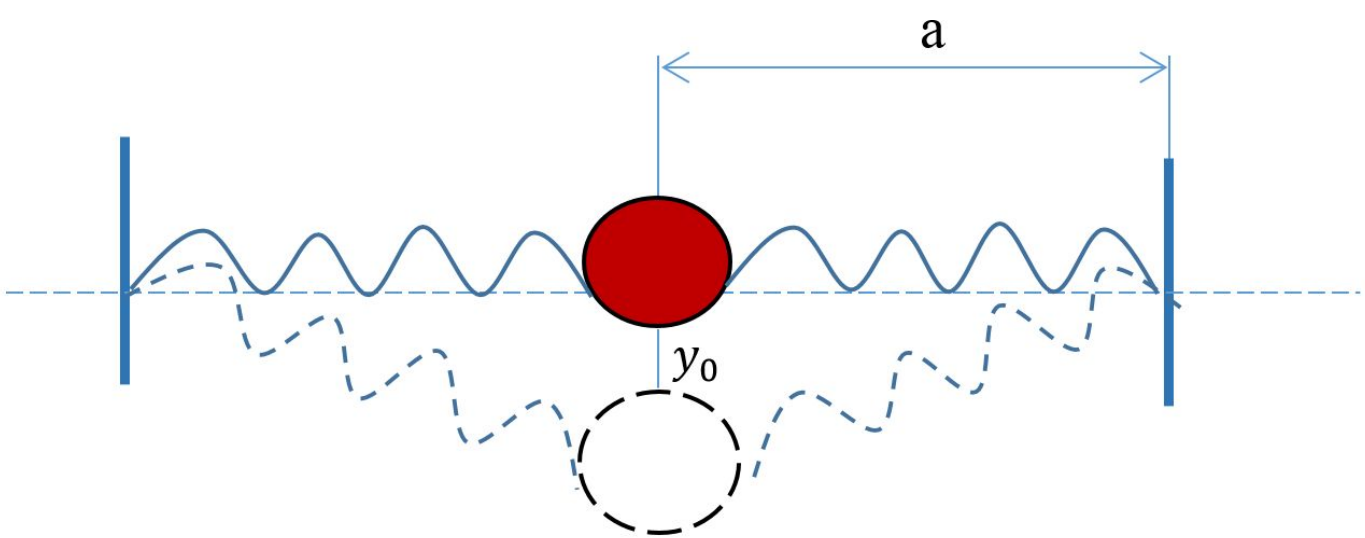
Поперечный осциллятор



Сила действующая на нелинейный осциллятор

$$F_y = \frac{2ky^3}{a^2}$$

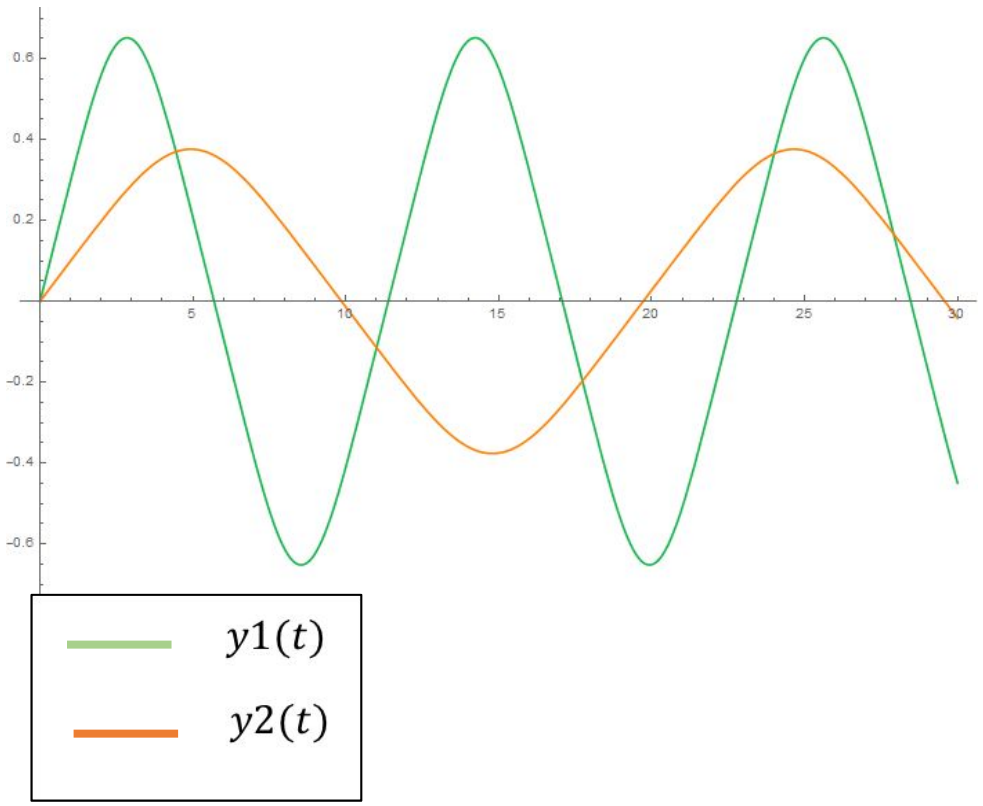
Сила действующая на линейный осциллятор

$$F_x = \mathrm{kx}$$

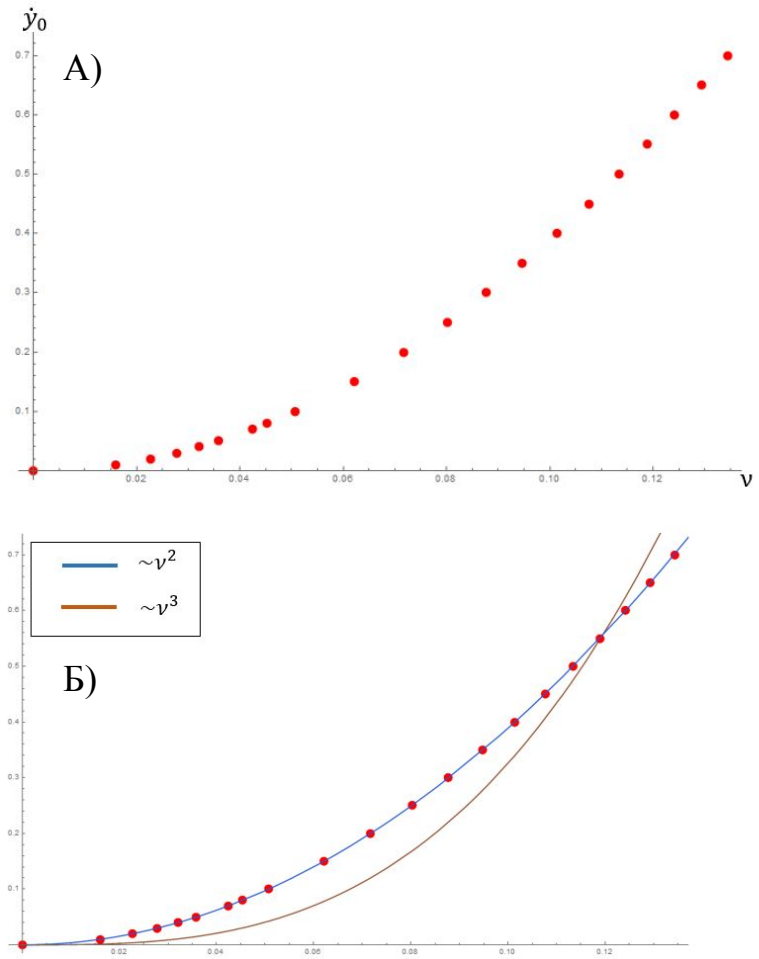
$$\begin{cases} \ddot{x} + \omega^2 x = 0 \\ x(0) = x_0 \\ \dot{x}(0) = v_{0x} \end{cases} \quad (1.1)$$

$$\begin{cases} \ddot{y} + \frac{2k}{ma^2} y^3 = 0 \\ y(0) = y_0 \\ \dot{y}(0) = v_{0y} \end{cases} \quad (1.2)$$

Нелинейная АЧХ поперечного осциллятора

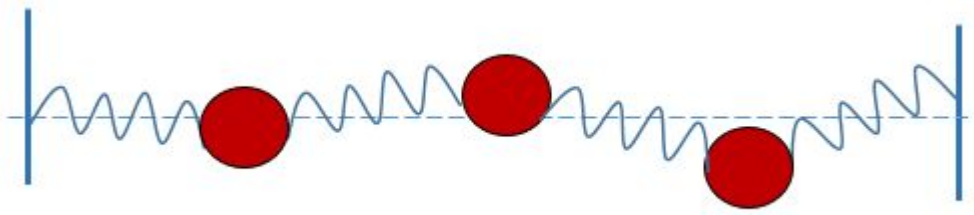


Решения системы уравнений (1.2), где $\dot{y1}(0) = 0.3, y1(0) = 0$; $\dot{y2}(0) = 0.1, y2(0) = 0$. Из рисунка видно, что изменение начальных условий влияет на частоту колебаний т.к. они являются нелинейными и частота зависит от амплитуды



А)Зависимость начальной скорости(смещения) от частоты
Б) Аппроксимация теоретической кривой квадратичной и кубической зависимостью

Динамика одноатомной цепочки атомов



Возбуждение хаотичных тепловых колебаний в атомной цепочке

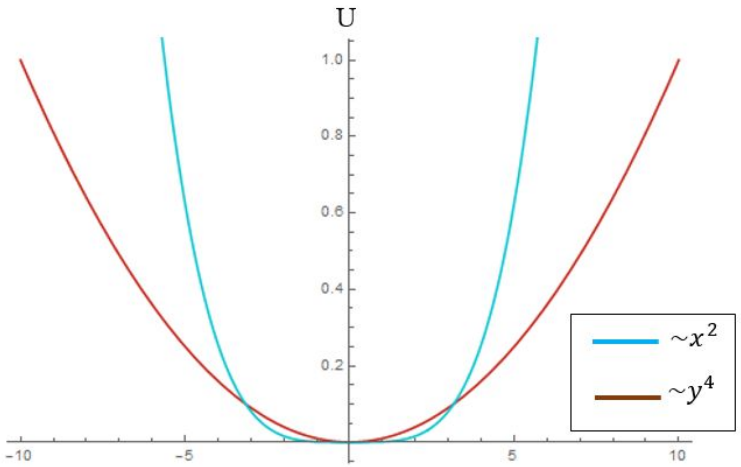
Затухание $\alpha_x \dot{x}$, $\alpha_y \dot{y}$

$$\alpha_y < \alpha_x$$

<u>Неустойчивость продольных колебаний</u>

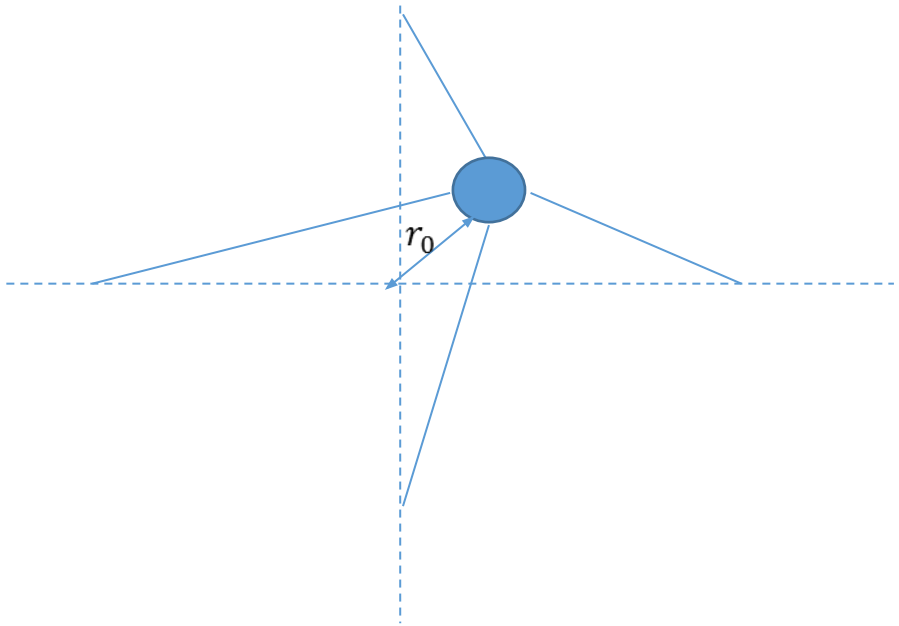
Движение сосредоточенных масс будет направлено предпочтительно перпендикулярно упругим элементам при наличии затухания в системе т.к. :

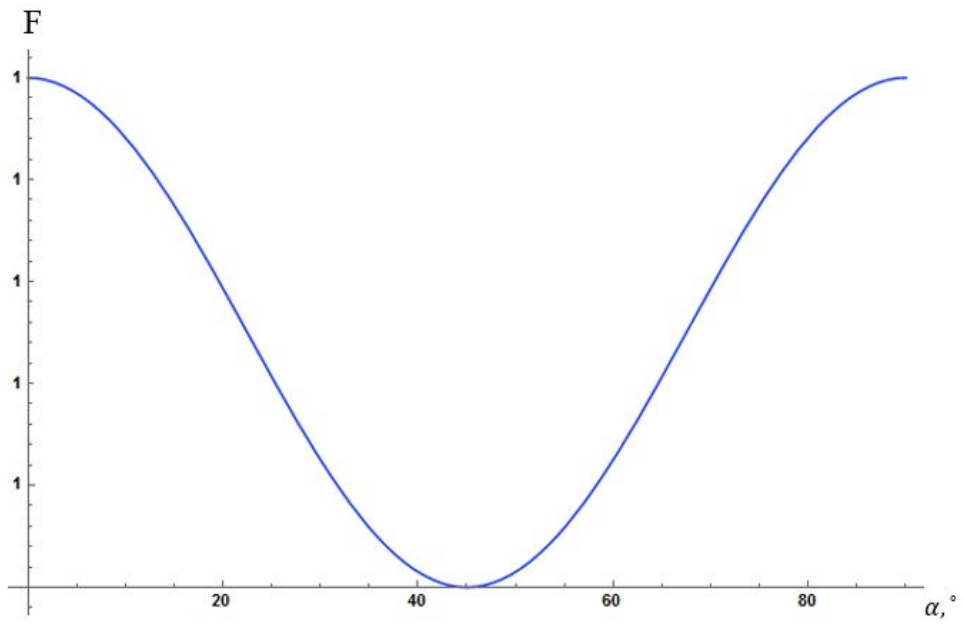
- сопротивление поперечному смещению атомов значительно меньше чем продольному
- передача импульса поперек отсутствует, что указывает на меньший по величине поперечный коэффициент затухания, в сравнении с продольным
- нецентральное столкновение атомов



Потенциальные ямы для классического и нелинейного осциллятора

Колебания сосредоточенной массы на четырех пружинах





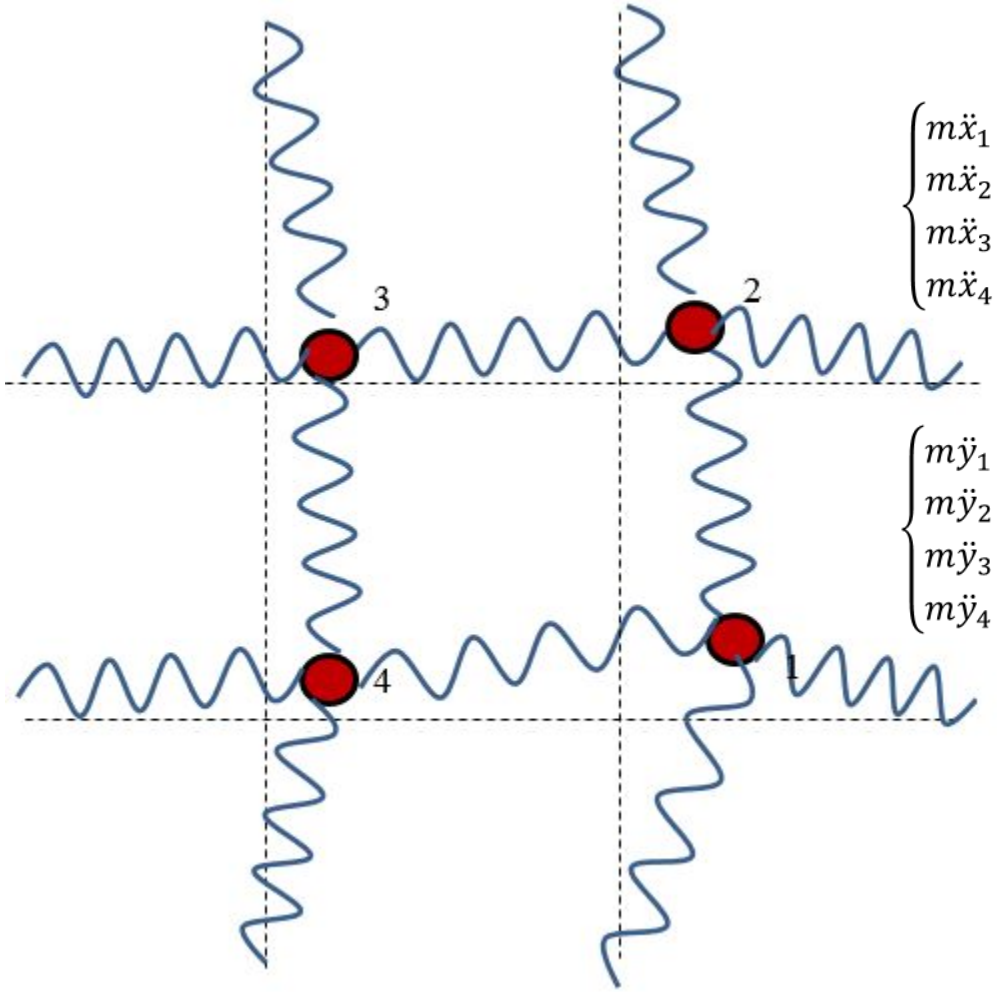
$$F_x = 2kr_0 cos\alpha + \frac{2\mathrm{k}}{\mathrm{a}^2} r_0^3 (cos\alpha)^3$$

$$F_y = 2kr_0 sin\alpha + \frac{2\mathrm{k}}{\mathrm{a}^2} r_0^3 (sin\alpha)^3$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Потенциальный минимум при 45 градусах

Колебания связанных атомов 2D



$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = -cx_1 - c(x_1 - x_2) - c(x_1 - x_4) - 4C_0x_1^3 - 2C_0(x_1 - x_2)^3 - 2C_0(x_1 - x_4)^3 - \alpha\dot{x}_1 \\ m\ddot{x}_2 = -cx_2 + c(x_1 - x_2) - c(x_2 - x_3) - 4C_0x_2^3 + 2C_0(x_1 - x_2)^3 - 2C_0(x_2 - x_3)^3 - \alpha\dot{x}_2 \\ m\ddot{x}_3 = -cx_3 + c(x_2 - x_3) + c(x_4 - x_3) - 4C_0x_3^3 + 2C_0(x_2 - x_3)^3 + 2C_0(x_4 - x_3)^3 - \alpha\dot{x}_3 \\ m\ddot{x}_4 = -cx_4 + c(x_1 - x_4) - c(x_4 - x_3) - 4C_0x_4^3 + 2C_0(x_1 - x_4)^3 - 2C_0(x_4 - x_3)^3 - \alpha\dot{x}_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m\ddot{y}_1 = -cy_1 - c(y_1 - y_2) - c(y_1 - y_4) - 4C_0y_1^3 - 2C_0(y_1 - y_2)^3 - 2C_0(y_1 - y_4)^3 - \alpha\dot{y}_1 \\ m\ddot{y}_2 = -cy_2 + c(y_1 - y_2) - c(y_2 - y_3) - 4C_0y_2^3 + 2C_0(y_1 - y_2)^3 - 2C_0(y_2 - y_3)^3 - \alpha\dot{y}_2 \\ m\ddot{y}_3 = -cy_3 + c(y_2 - y_3) + c(y_4 - y_3) - 4C_0y_3^3 + 2C_0(y_2 - y_3)^3 + 2C_0(y_4 - y_3)^3 - \alpha\dot{y}_3 \\ m\ddot{y}_4 = -cy_4 + c(y_1 - y_4) - c(y_4 - y_3) - 4C_0y_4^3 + 2C_0(y_1 - y_4)^3 - 2C_0(y_4 - y_3)^3 - \alpha\dot{y}_4 \end{cases}$$

Выводы

- Поперечный осциллятор движется нелинейно.Частота колебаний зависит от амплитуды
- Амплитудно-частотная характеристика поперечного осциллятора нелинейная
- В одноатомной цепочке атомов колебание происходит предпочтительно поперек сильной связи

Дополнительные предположения:

- Атом движется в выделенном направлении
- В кристалле существуют зоны согласованных колебаний. При уменьшении температуры (энергии колебательного движения атомов) зоны увеличиваются в объеме и распространяются по всему кристаллу при $T \to 0$. Рассогласование колебаний происходит на границах зерен, дефектах, что способствует росту электрического сопротивления.