

- Все тела состоят из атомов. Каждый атом имеет 3 степени свободы, поэтому система из  $N$  атомов будет иметь  $3N$  степеней свободы.
- В кристаллах подавляющее большинство этих степеней свободы — колебательные.

Пусть  $N$  точечных частиц массой  $m$  соединены между собой пружинками с коэффициентом жесткости  $k$ , при условии, что крайние частицы прикреплены пружинками к неподвижным стенкам.

Всего пружинок будет  $N+1$ , длина каждой из них  $d$ . В одномерной модели частицы могут двигаться только вдоль прямой. Если пружинки первоначально не деформированы, то положение равновесия  $i$ -ой частицы  $x_i = i \cdot d$ .

Введем смещения частиц от положений равновесия  $y_i$  (считаем  $y_i \ll d$ ). На каждую частицу действуют по две силы со стороны левой и правой пружинок. Растяжение каждой из них определяется разностью координат их концов  $y_{i+1} - y_i$ . Для единообразия введены условия, что смещения стенок  $y_0 = 0$  и  $y_{N+1} = 0$ .

Уравнение движения для  $i$ -частицы:

$$m \frac{d^2 y_i}{dt^2} = k(y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}), \text{ где } i = 1 \dots N$$

Решениями данной системы являются стоячие волны:

$$y_i = (A \cos(px_i) + B \sin(px_i)) \cos(\omega t),$$

где  $\omega$  — частота колебаний стоячей волны,  $p$  — ее волновое число.