

Этап 1

Научная проблема проекта “Колебания цепочек”

Канева Екатерина Клюкин Михаил Ланцова Яна

22 марта 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

Студенты группы НФИбд-02-22:

- Канева Екатерина
- Клюкин Михаил
- Ланцова Яна

Вводная часть

Все вещества состоят из атомов, которые постоянно колеблются. Понимание колебаний важно для создания новых материалов с нужными свойствами, например, для электроники или термоизоляции.

1. Изучение условий для установления равновесия
2. Изучение условий для приближения к равновесию
3. Изучение явлений в простейшем одномерном случае

Исследовать закономерности колебаний в простейшей одномерной цепочке атомов, связанных между собой.

1. Построить модель цепочки из N частиц.
2. Задать начальные условия в виде гармоники и измерить собственную частоту. Сравнить результаты с теоретическими
3. Проверить, используя преобразования Фурье координат и скоростей частиц, что энергия каждой гармоники не меняется
4. Рассмотреть цепочку с чередующимися частицами

Теоретическое описание задачи

$$F_i = k(y_{i+1} - y_i) - k(y_i - y_{i-1}) = k(y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}).$$

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

$$U = \frac{m}{2} \sum_{i=1}^N \left(\frac{dy_i}{dt} \right)^2 + \frac{k}{2} \sum_{i=1}^{N+1} (y_i - y_{i-1})^2.$$

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

Граничные условия $y_0 = 0$ и $y_{N+1} = 0$ приводят к ограничению на p :

$$\sin(p(N + 1)d) = 0.$$

$$\omega_l = 2\omega_0 \sin \left(\frac{l\pi}{2(N+1)} \right), \quad l = 1, \dots, N,$$

где $\omega_0 = \sqrt{k/m}$.

В системе существуют различные моды колебаний, соответствующие различным p_l . Эти моды не взаимодействуют между собой и называются гармониками. В музыке волна с волновым числом p_1 называется основным тоном, а остальные — обертонами.

$$F = -kx \left(1 - \frac{\alpha x}{d} \right).$$

$$U = \frac{m}{2} \sum_{i=1}^N \left(\frac{dy_i}{dt} \right)^2 + \frac{k}{2} \sum_{i=1}^{N+1} (y_i - y_{i-1})^2 - \frac{k\alpha}{3d} \sum_{i=1}^{N+1} (y_i - y_{i-1})^3.$$

Заключение

На первом этапе группового проекта мы сделали теоретическое описание модели гармонических и ангармонических колебаний и определили задачи дальнейшего исследования.

1. Медведев Д.А. и др. Моделирование физических процессов и явлений на ПК: Учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2010. 101 с.
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. Количество страниц: 656 стр. Год издания: 2008.