

VẬT LÝ CHẤT RẮN

TS. Ngô Văn Thanh
Viện Vật Lý

Hà Nội - 2016

Tài liệu tham khảo

- [1] Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th Eds. (John Wiley & Sons, 2005)
- [2] Đào Trần Cao, Cơ sở vật lý chất rắn, (NXB ĐHQG Hà Nội, 2007).
- [3] Charles Kittel, Mở đầu vật lý chất rắn, (Đặng Mộng Lân và Trần Hữu Phát dịch), (NXB KHKT Hà Nội, 1984).
- [4] Nguyễn Ngọc Long, Vật lý chất rắn, (NXB ĐHQG Hà Nội, 2007).
- [5] Lê Khắc Bình, Nguyễn Nhật Khanh, Vật lý chất rắn, (NXB ĐHQG TP. HCM, 2002)

Website : <http://iop.vast.ac.vn/~nvthanh/cours/vatlychatran/>






Email : nvthanh@iop.vast.ac.vn

CHƯƠNG 4. DAO ĐỘNG MẠNG TINH THỂ

1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử
2. Cơ sở tối giản có hai nguyên tử
3. Lượng tử hoá sóng đàn hồi
4. Xung lượng của phonon
5. Tán xạ không đàn hồi bởi phonon

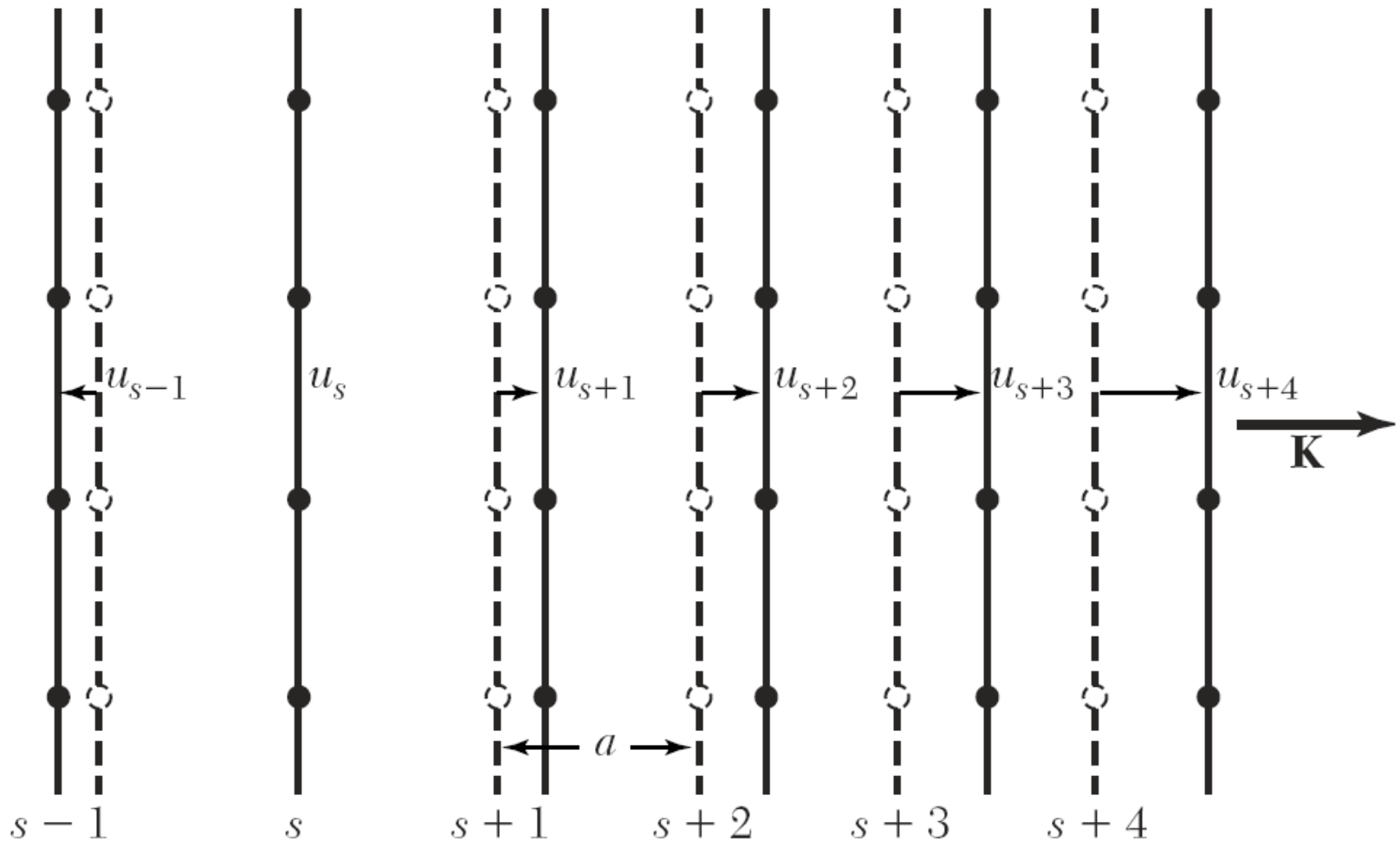
1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

❖ Ký hiệu các loại kích thích

	Name	Field
	Electron	—
	Photon	Electromagnetic wave
	Phonon	Elastic wave
	Plasmon	Collective electron wave
	Magnon	Magnetization wave
—	Polaron	Electron + elastic deformation
—	Exciton	Polarization wave

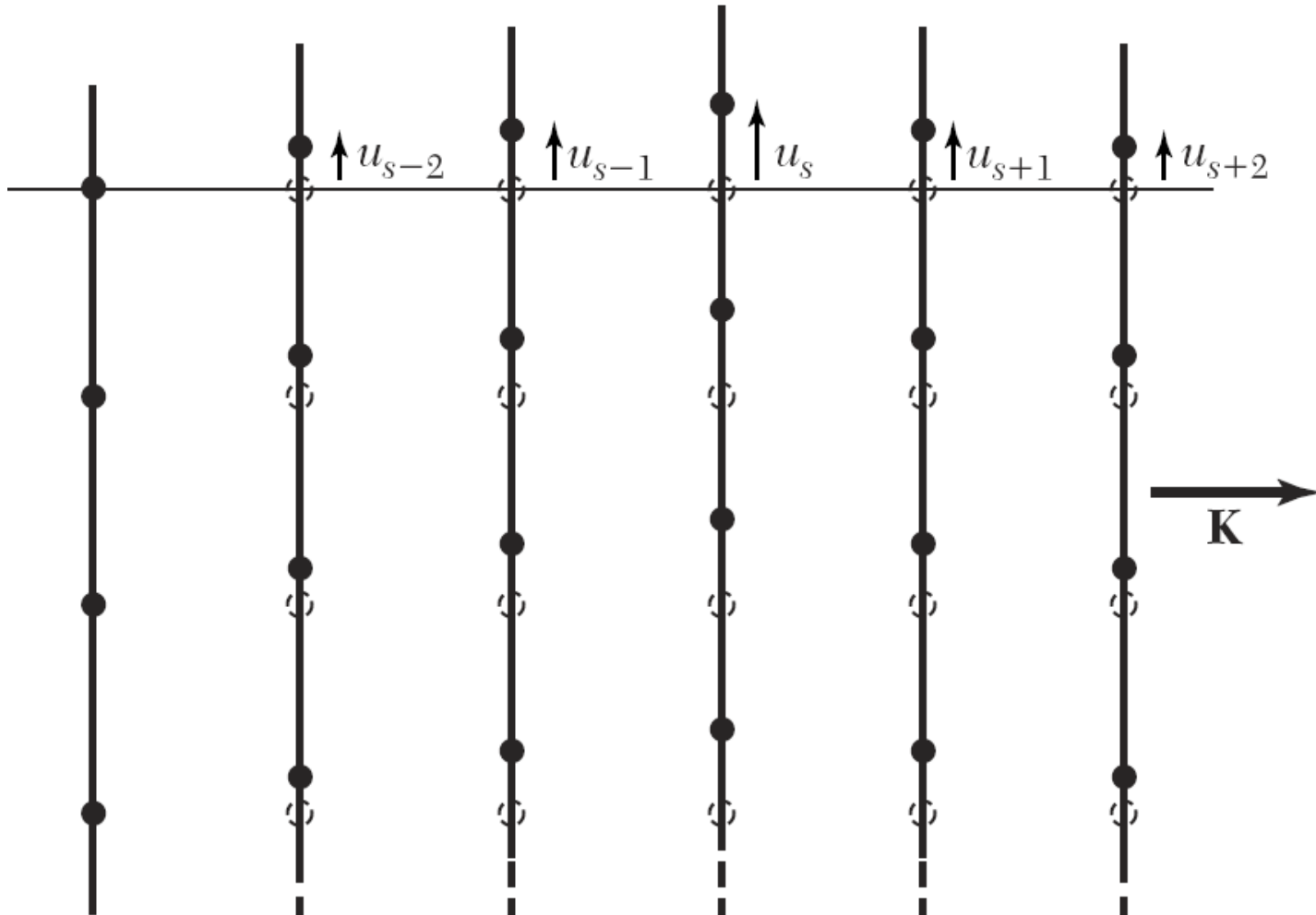
1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

❖ Sóng dọc (longitudinal wave)



1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

❖ Sóng ngang (transverse wave)



1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

➤ Xét tinh thể có 1 nguyên tử trong một ô tối giản

▪ Giả thiết:

- Phản ứng đàn hồi của tinh thể là hàm tuyến tính của lực
- ⇔ Năng lượng đàn hồi là hàm bậc 2 của độ dịch chuyển tương đối giữa 2 nút mạng trong tinh thể. Năng lượng bằng zero khi hệ ở trạng thái cân bằng
- Sự dịch chuyển của mặt phẳng thứ $(s + p)$ gây ra một lực tác dụng lên mặt phẳng s lực này tỷ lệ với hiệu của 2 dịch chuyển : u_{s+p}

- Xét trường hợp lực tác dụng giữa các mặt phẳng lân cận gần nhất : $p = \pm 1$
 - Ta có dạng định luật Hooke :

$$F_s = C(u_{s+1} - u_s) + C(u_{s-1} - u_s)$$

- C : hằng số lực. Để cho đơn giản, ta có thể xem như C là hằng số lực của một nguyên tử
- Phương trình chuyển động của nguyên tử trong mặt phẳng

$$M \frac{d^2 u}{dt^2}$$

- Nghiệm của phương trình này có dạng $\exp(-i\omega t)$

$$d^2 u$$

1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

- Nghiệm của phương trình vi phân có dạng sóng chạy

$$u_{s\pm 1} = u \exp(isKa) \exp(\pm iKa)$$

- a : khoảng cách giữa các mặt phẳng; \vec{K} là vector sóng
- Viết lại biểu thức :

$$-M\omega^2 u \exp(isKa) = Cu \{ \exp [i(s+1)Ka] + \exp [i(s-1)Ka] - 2 \exp [isKa] \}$$

- Rút gọn biểu thức trên, ta thu được

$$-M\omega^2 = C [\exp(iKa) + \exp(-iKa) - 2]$$

- Sử dụng đồng nhất thức:

$$2 \cos(Ka) = \exp(iKa) + \exp(-iKa)$$

- Ta thu được hệ thức tán sắc

$$\omega$$

- Vùng Brillouin thứ nhất có biên tại : $K = \pm\pi/a$

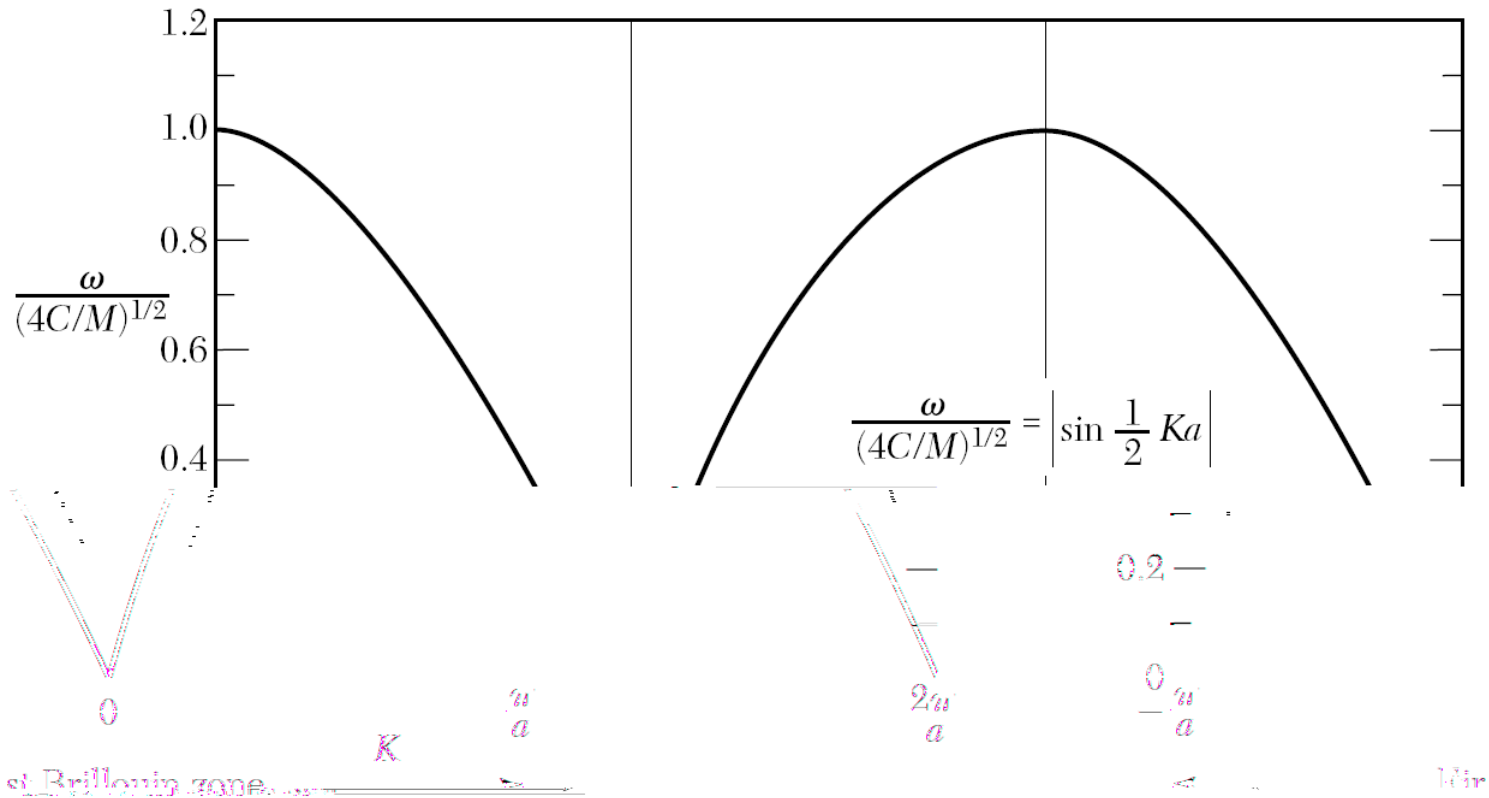
- Độ dốc của tần số bằng zero tại biên : $\frac{d\omega^2}{dK} = \frac{2Ca}{M} \sin(Ka) = 0$

1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

- Tiếp tục biến đổi biểu thức

$$\omega^2 = \frac{2C}{M} |1 - \cos(Ka)|$$

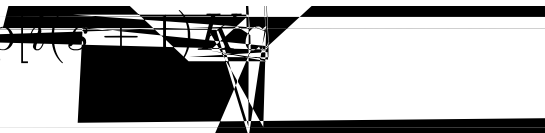
$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{4C}{M}} |\sin(Ka/2)|$$



1. Dao động của tinh thể đơn nguyên tử

❖ Vùng Brillouin thứ nhất

- Xét tỷ số của độ dịch chuyển của hai mặt phẳng kế tiếp nhau

$$\frac{u_{s+1}}{u_s} = \frac{u \exp[iK(s+1)a]}{u \exp[iKsa]}$$


- Vùng Brillouin thứ nhất

- Khoảng các giá trị riêng biệt của K

$$-\pi < Ka \leq \pi \Leftrightarrow -\pi/a < K \leq \pi/a$$

- Hàm e mũ có giá trị riêng biệt trong khoảng này của hệ số pha
- Giá trị cực đại của vector sóng trong vùng Brillouin thứ nhất :

$$K_{\max} = \pm \frac{\pi}{a}$$

- Giả thiết rằng vector sóng K nằm ngoài vùng Brillouin thứ nhất
- Định nghĩa một vector K' nằm trong vùng



$$K' = K - \frac{2\pi}{a}$$

- Biến đổi tỷ số :

$$u$$