

VẬT LÝ II

TS. Ngô Văn Thanh,
Viện Vật lý.

***Chuyên ngành : Điện tử - Viễn thông , Công nghệ thông tin,
Điện - Điện tử***

Chương 10: Chất rắn và bán dẫn

Chương 10: Chất rắn và bán dẫn

10.1 Chất rắn

10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

10.1.2 Lý thuyết vùng năng lượng trong chất rắn

10.2 Chất bán dẫn

10.2.1 Sơ đồ vùng năng lượng trong chất bán dẫn

10.2.2 Khái niệm điện tử dẫn và lỗ trống

10.2.3 Hàm phân bố Fermi-Dirac

10.2.4 Bán dẫn tinh khiết và bán dẫn pha

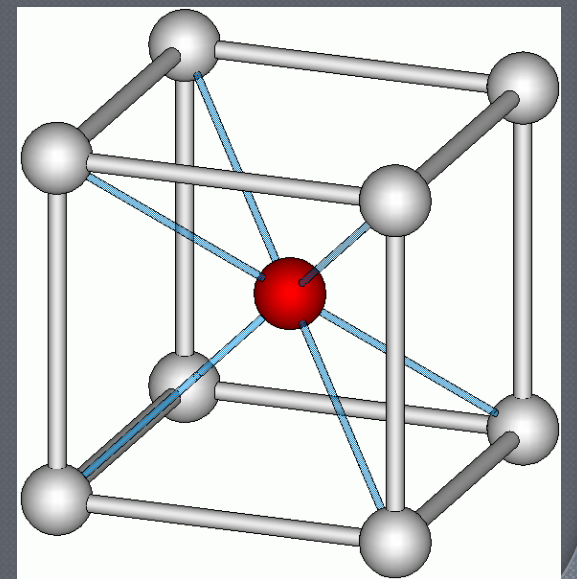
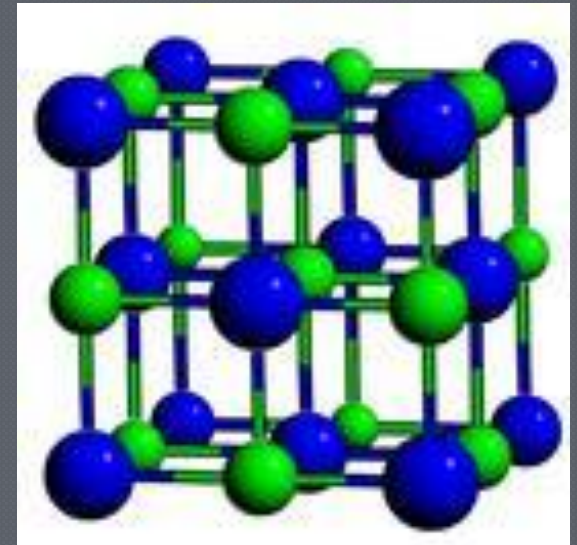
10.2.5 Sự dẫn điện trong chất bán dẫn

10.1 Chất rắn

10.1 Chất rắn

10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn.

- Tinh thể:
 - Các nguyên tử hoặc phân tử được sắp xếp theo một trật tự nhất định.
 - Đơn tinh thể - tinh thể hoàn hảo: Các nguyên tử hay phân tử sắp xếp theo một trật tự tuyệt đối trong toàn bộ tinh thể.
 - Vật liệu đa tinh thể: bao gồm nhiều hạt đơn tinh thể ghép lại với nhau.
 - Tính chất đặc trưng của trạng thái tinh thể:
 - Cấu trúc tinh thể có tính tuần hoàn theo chu kỳ trong không gian.
 - Tính chất đối xứng tịnh tiến - tuần hoàn tịnh tiến.
 - Đối xứng tịnh tiến mang tính quyết định mọi tính chất vật lý của tinh thể.



10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

■ Đối xứng tịnh tiến:

- Phép tịnh tiến: xét điểm có tọa độ là \vec{r}_1

$$T(\vec{r}) : \vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_1 + \vec{r}; \quad \forall \vec{r}_1$$

- Tinh thể có tính đối xứng tịnh tiến sẽ bất biến đối với phép tịnh tiến.
 - Nguyên tử dịch chuyển đến vị trí của một nguyên tử cùng loại.
 - Tinh thể sau khi dịch chuyển sẽ trùng khít lên chính nó.
- Xét trong không gian 3 chiều theo hệ tọa độ Descartes : $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

■ Vector tịnh tiến

$$\vec{R} = n_x \vec{a}_x + n_y \vec{a}_y + n_z \vec{a}_z \equiv n_1 \vec{a}_1 + n_2 \vec{a}_2 + n_3 \vec{a}_3$$

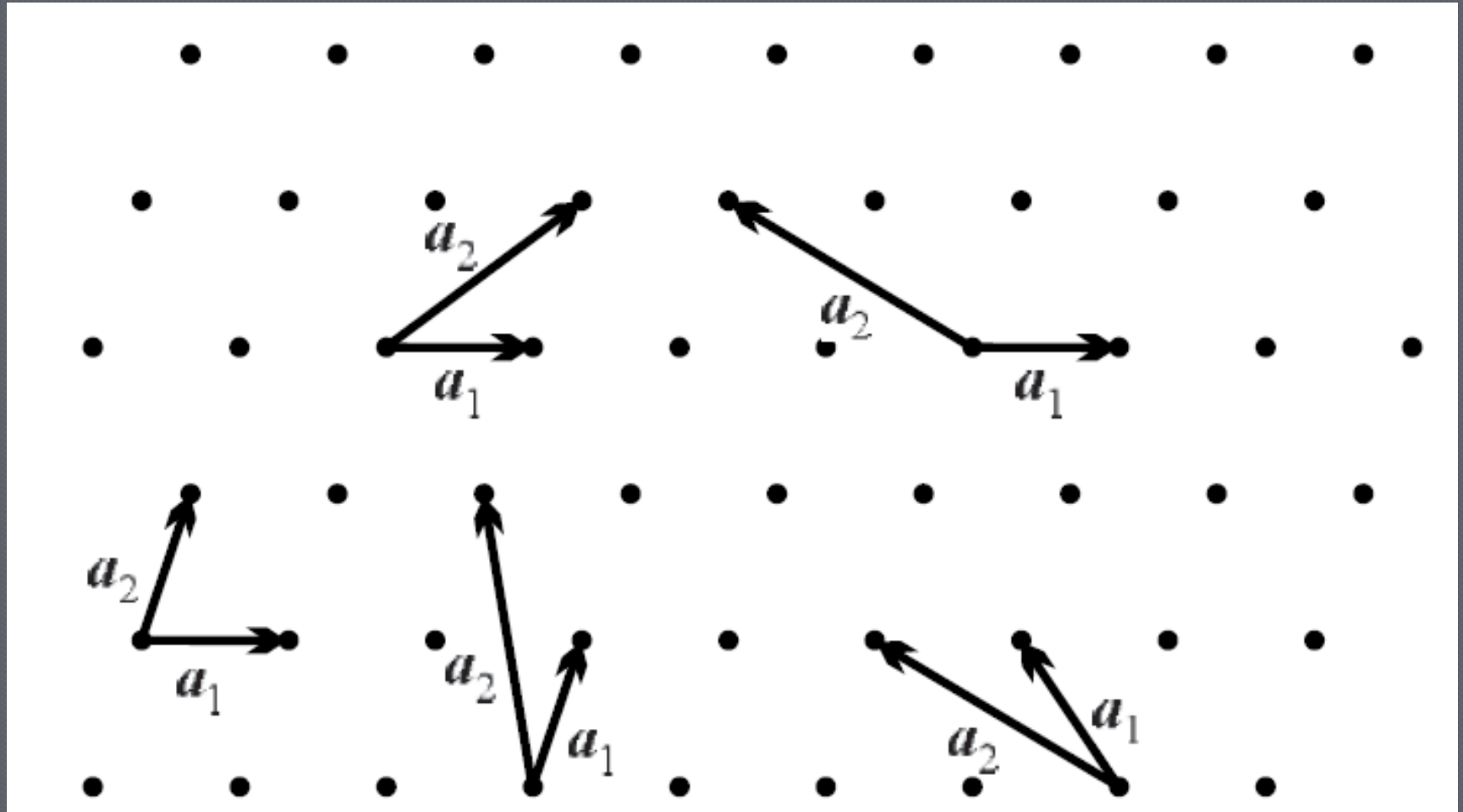
với (n_x, n_y, n_z) là các số nguyên không âm.

$(\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z)$ là các vector không cùng trong một mặt phẳng trên hướng $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$, chúng được gọi là các vector cơ sở.

- Vector \vec{R} bất biến đối với phép tịnh tiến $T(\vec{R})$
- Có nhiều cách chọn hệ các vector cơ sở $(\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z)$.
- Ô cơ sở: hình hộp tạo bởi 3 vector cơ sở.

10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

- Cách chọn hệ các vector cơ sở



10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

■ Mạng Bravais:

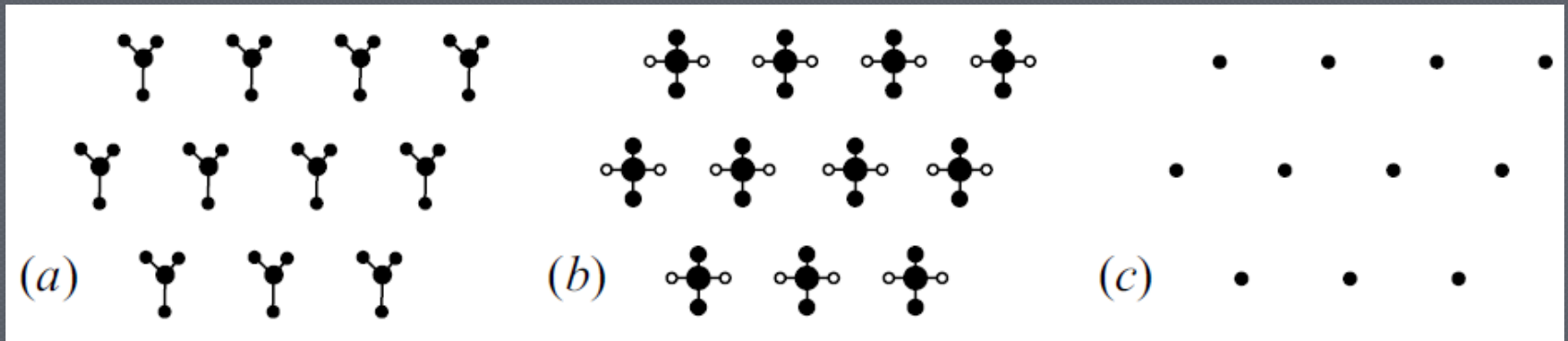
- Tập hợp tất cả các điểm có bán kính vector \vec{R}_n tạo thành một mạng không gian gọi là mạng Bravais.

$$\vec{R}_n = n_x \vec{a}_x + n_y \vec{a}_y + n_z \vec{a}_z$$

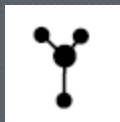
- Mỗi một điểm trong mạng gọi là nút mạng.

■ Nền tinh thể: Cấu hình nguyên tử tương ứng với mỗi nút mạng Bravais.

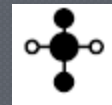
- Số loại nguyên tử trong tinh thể.
- Vị trí tương đối giữa các nguyên tử.



(a) Nền:



(b) Nền:



(c) Mạng Bravais

10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

■ Nhận xét:

- Mạng Bravais chỉ mô tả được tính chất tuần hoàn tịnh tiến của mạng tinh thể.
- Mạng Bravais không phải là mạng tinh thể thực.
- Mạng tinh thể thực: được mô tả bởi mạng Bravais kèm theo nền của nó.



- Nút mạng Bravais không nhất thiết phải trùng với các nút mạng tinh thể thực.
- Mỗi một loại nguyên tử tạo nên một mạng Bravais riêng cho nó.
- Mạng tinh thể có thể có một hoặc nhiều mạng Bravais giống hệt nhau lồng vào nhau.
 - Tinh thể đơn giản: chỉ có một mạng Bravais.
 - Tinh thể phức tạp: có nhiều mạng Bravais lồng vào nhau.
- Thông thường, vị trí của các nguyên tử thường được xem là nằm ở ngay các nút mạng Bravais.

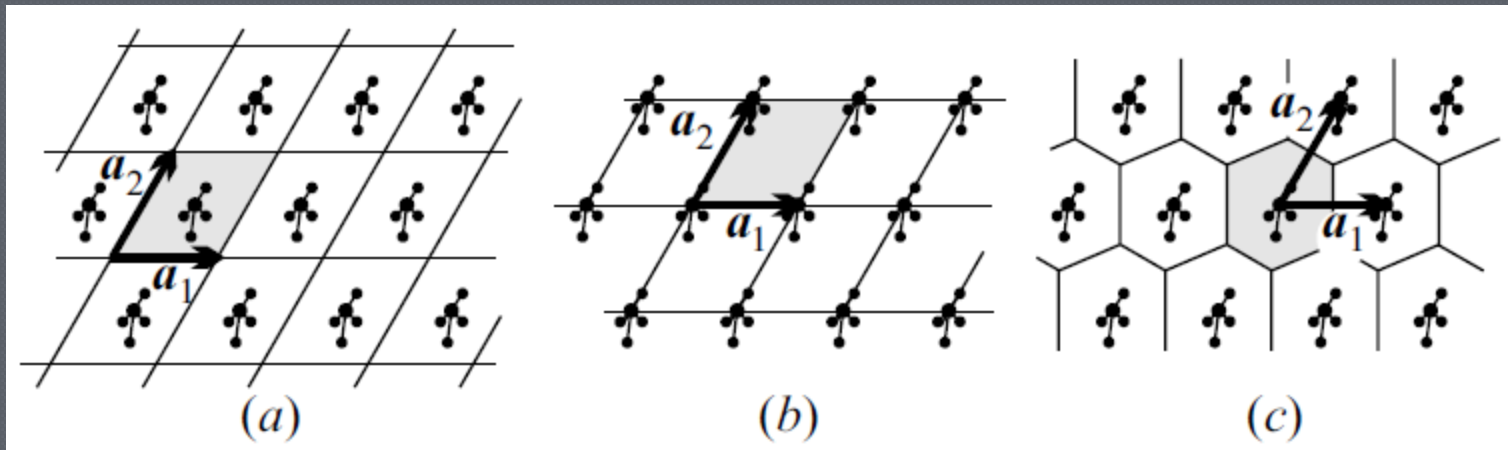
10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

■ Ô đơn vị và Ô cơ sở:

- Ô đơn vị: Một đơn vị thể tích nào đó trong mạng tinh thể mà nếu như ta tịnh tiến đơn vị thể tích đó thì ta sẽ thu được toàn bộ mạng tinh thể.
- Ô cơ sở: là ô đơn vị có thể tích bé nhất.
- Cách chọn ô cơ sở: Thường được chọn bởi hình hộp tạo bởi 3 vector cơ sở

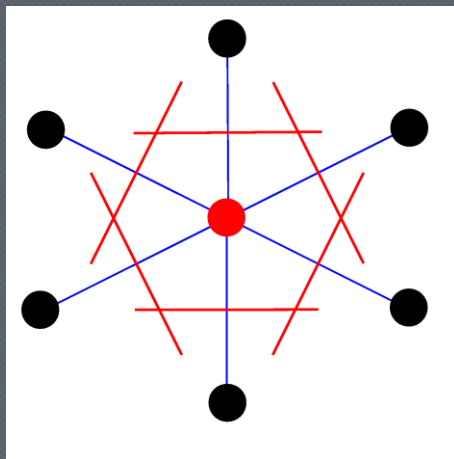
$(\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z)$ theo 3 hướng thích hợp $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

- Nếu các vector cơ sở theo 3 hướng không thích hợp thì sẽ tạo nên ô đơn vị
- Có nhiều cách chọn ô cơ sở ứng với bộ các vector cơ sở khác nhau, tuy nhiên thể tích của chúng phải là bé nhất.



10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

- Ô Wigner-Seitz:
 - Chọn một nút mạng Bravais
 - Nối nút mạng đó với các nút mạng lân cận
 - Dựng các mặt phẳng đi qua điểm giữa và vuông góc với các đoạn nối trên.
 - Vùng không gian giới hạn bởi các mặt phẳng đó tạo nên ô Wigner-Seitz.
- Tính chất của ô Wigner-Seitz:
 - ➔ Là một ô cơ sở vì nó có thể tích bé nhất.
 - ➔ Có tính duy nhất vì nó được tạo bởi phương pháp duy nhất áp dụng chung cho tất cả các kiểu mạng Bravais.
 - ➔ Nó mang đầy đủ tất cả các tính chất đối xứng của mạng Bravais.



10.1.1 Cấu trúc mạng tinh thể của vật rắn

■ Phân loại mạng Bravais:

- Mạng tinh thể bao gồm 14 loại mạng Bravais
 - Được chia thành 7 hệ.
- Các hệ mạng được sắp xếp theo chiều tăng dần của tính đối xứng.
1. Hệ lập phương: $a = b = c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 - Lập phương đơn giản (SC), lập phương tâm khối (FCC), lập phương tâm mặt (BCC).
 2. Hệ tứ giác: $a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 - Tứ giác đơn giản, tứ giác tâm khối.
 3. Hệ trực giao: $a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 - Trực giao đơn giản, trực giao tâm khối, trực giao tâm đáy, trực giao tâm mặt.
 4. Hệ hình thoi: $a = b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
 5. Hệ một nghiêng: $a \neq b \neq c; \alpha \neq 90^\circ; \beta = \gamma = 90^\circ$
 - Hệ một nghiêng đơn, hệ một nghiêng tâm đáy
 6. Hệ ba nghiêng: $a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
 7. Hệ lục giác: không có quan hệ với hệ lập phương.