

**MÔN HỌC**

**VẬT LIỆU KỸ THUẬT**

# GIỚI THIỆU

**Chương 1:** CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

**Chương 2:** SỰ KẾT TINH

**Chương 3:** KHÁI NIỆM VỀ HỢP KIM VÀ GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI

**Chương 4:** BIẾN DẠNG DẪO VÀ CƠ TÍNH

**Chương 5:** CÁC CHUYỂN BIẾN PHA KHI NHIỆT LUYỆN

**Chương 6:** CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN THÉP

**Chương 7:** CÁC PHƯƠNG PHÁP HOÁ BỀN BỀ MẶT

**Chương 8:** CÁC KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GANG

**Chương 9:** KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP.

**Chương 10:** THÉP KẾT CẤU.

**Chương 11:** THÉP VÀ HỢP KIM DỤNG CỤ.

**Chương 12:** THÉP VÀ HỢP KIM CÓ TÍNH CHẤT ĐẶC BIỆT

**Chương 13:** KIM LOẠI MÀU.

**Chương 14:** CÁC VẬT LIỆU KHÁC DÙNG TRONG CHẾ TẠO MÁY

# GIỚI THIỆU

## - Tài liệu học tập:

1. *Vật liệu học* – Bộ môn kỹ thuật vật liệu – ĐHKTCN 1993;
2. *Thí nghiệm kim loại học và nhiệt luyện* – Bm KTVL – ĐHKTCN 1974.

## - Tài liệu tham khảo

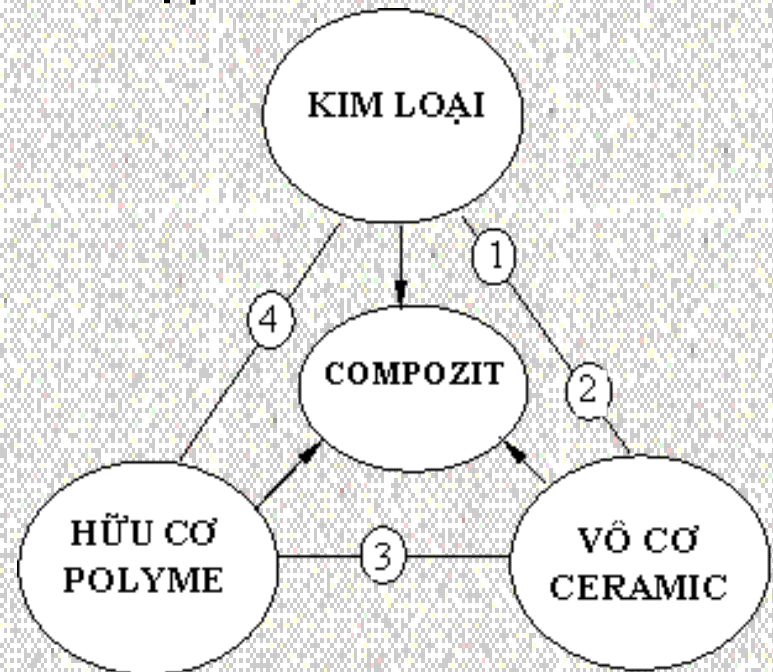
1. *Vật liệu học* – Lê Công Dưỡng – NXB KHKT Hà Nội 1997;
2. *Kim loại học và nhiệt luyện* – Nghiêm Hùng – Hà Nội 1979;
3. *Sách tra cứu thép, gang thông dụng* – Nghiêm Hùng – ĐHBK HN 1999;
4. *Công nghệ nhiệt luyện* – Phạm Minh Phương, Tạ Văn Thất – NXB GD 2000.

# Khái niệm về môn học

- Vật liệu kỹ thuật là một môn khoa học sử dụng các thành tựu khoa học của hoá học, vật lý, hoá lý và nhiều ngành khoa học khác để nghiên cứu các đối tượng vật liệu rắn.
- Môn học nghiên cứu cấu trúc, tính chất cơ bản của vật liệu kim loại và mối quan hệ của cấu trúc và tính chất từ đó đề ra phương pháp chế tạo và sử dụng thích hợp.

- Các nhóm vật liệu thường sử dụng trong công nghiệp hiện nay:

- *Vật liệu kim loại;*
- *Vật liệu vô cơ – Ceramic;*
- *Vật liệu hữu cơ – Polyme;*
- *Vật liệu tổ hợp – Compozit.*



# CHƯƠNG 1: CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

## 1.1. KHÁI NIỆM VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA KIM LOẠI

### 1.1.1. Định nghĩa kim loại

- Kim loại là vật thể sáng, có ánh kim, dẻo, có thể rèn được, có tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao, có hệ số nhiệt điện trở dương.

VD: Fe, Cu, Al, Ag, Au,... giòn, Ce(xêri) dẫn điện kém.

### 1.1. 2. Đặc điểm cấu tạo nguyên tử của kim loại.

- Số điện tử hoá trị của lớp điện tử ngoài cùng rất ít, thường chỉ có 1-3 điện tử. Chúng liên kết yếu với hạt nhân, nên dễ bị bứt ra thành điện tử tự do, còn nguyên tử trở thành ion dương.
- Sự tồn tại của các điện tử tự do quyết định nhiều tính chất quan trọng của kim loại như: vẻ sáng (ánh kim); tính dẻo; tính dẫn điện và dẫn nhiệt.

## 1.1. 2. Đặc điểm cấu tạo nguyên tử của kim loại

+ **Vẻ sáng:** Bức xạ tạo ra ánh sáng gọi là ánh kim. (Các điện tử tự do bị kích động và đạt mức năng lượng cao nhưng không ổn định khi bị ánh sáng chiếu vào).

+ **Tính dẻo:** Mây điện tử có tác dụng như một lớp đệm để các ion dương có thể trượt đi với nhau khi bị biến dạng (phụ thuộc vào cấu trúc mạng tinh thể).

+ **Tính dẫn điện:** Khi đặt kim loại vào một hiệu điện thế, các điện tử tự do sẽ chuyển động theo một hướng nhất định tạo nên dòng điện.

+ **Tính dẫn nhiệt:** Khi nhiệt độ tăng thì các ion dương và mây điện tử dao động mạnh và truyền động năng cho nhau.

# CHƯƠNG 1: CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

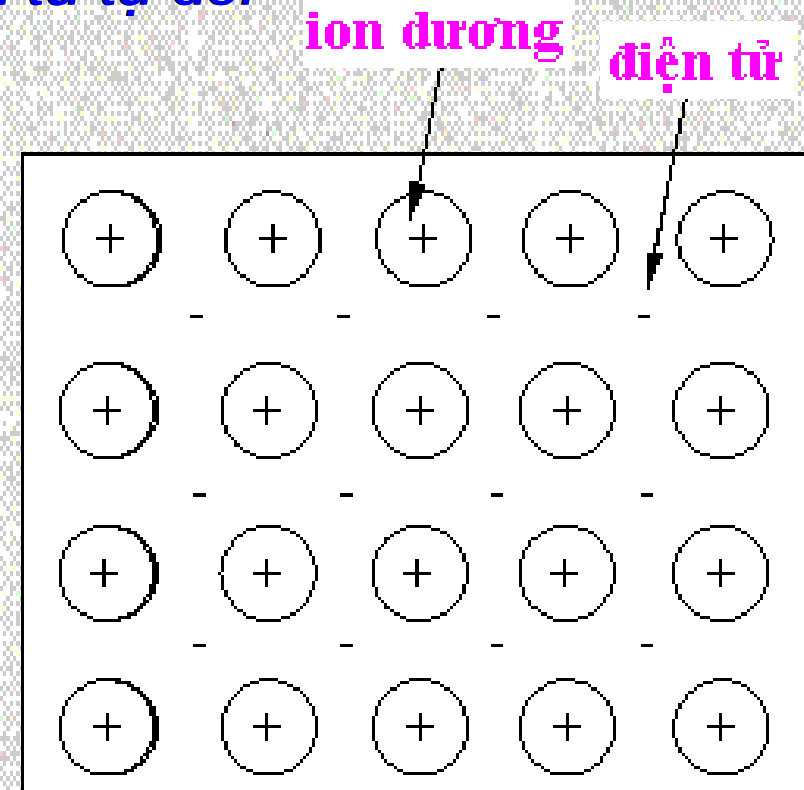
## 3. Liên kết kim loại.

- Là liên kết giữa mạng ion dương xác định với các điện tử tự do. Năng lượng liên kết là tổng hợp lực đẩy và lực hút tĩnh điện giữa các ion dương và mây điện tử tự do.

- Đặc điểm:

+ Liên kết kim loại thường được tạo nên từ những nguyên tử có ít điện tử hoá trị.

+ Cấu trúc tinh thể của các chất với liên kết kim loại có tính đối xứng cao. (Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn như: Liên kết đồng hoá trị; Liên kết ion; Liên kết hỗn hợp; Liên kết yếu- Liên kết Vander Waals).



# CHƯƠNG 1: CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

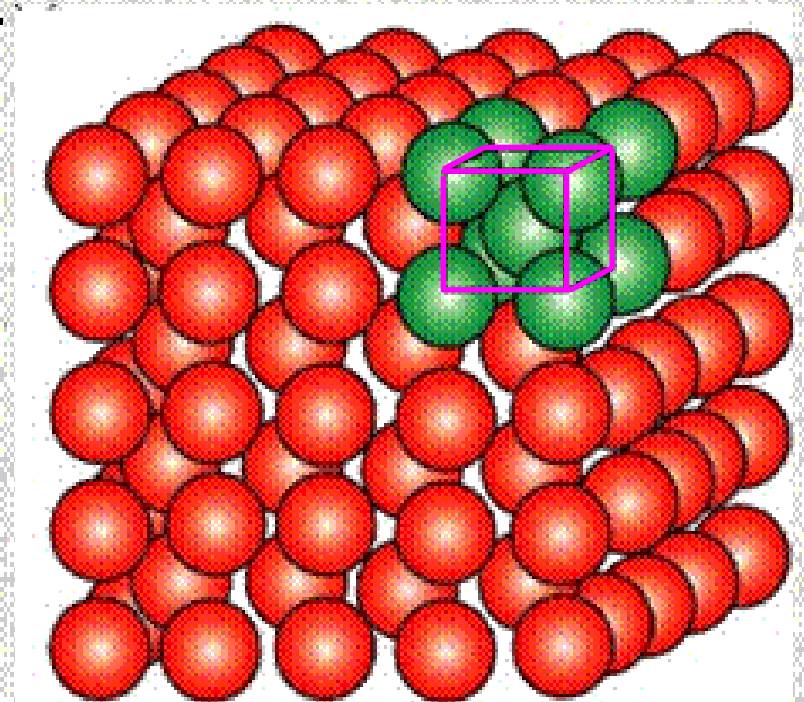
## 1.2. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT

### 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể.

Ở điều kiện nhiệt độ thường và áp suất khí quyển, hầu hết các kim loại tồn tại ở trạng thái rắn tinh thể – các nguyên tử (ion kim loại) sắp xếp theo những trật tự nhất định trong không gian – kiểu mạng tinh thể nhất định.

#### *a, Mạng tinh thể*

- Là mạng không gian được tạo nên bởi các ion, nguyên tử sắp xếp theo một quy luật chặt chẽ, tạo thành một dạng hình học nhất định

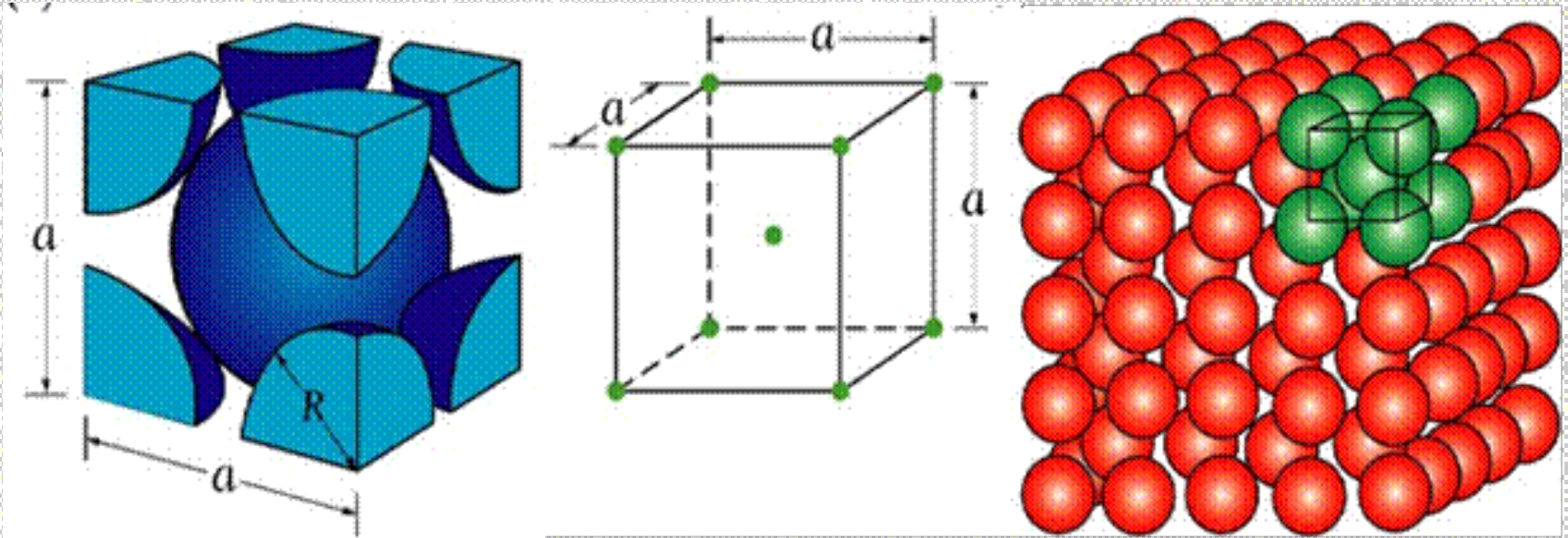




## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể.

### *b, Ô cơ sở (ô cơ bản)*

- Mạng tinh thể gồm vô số các ô nhỏ xếp liên tiếp nhau theo ba chiều trong không gian. Các ô nhỏ đó gọi là ô cơ sở (ô cơ bản).

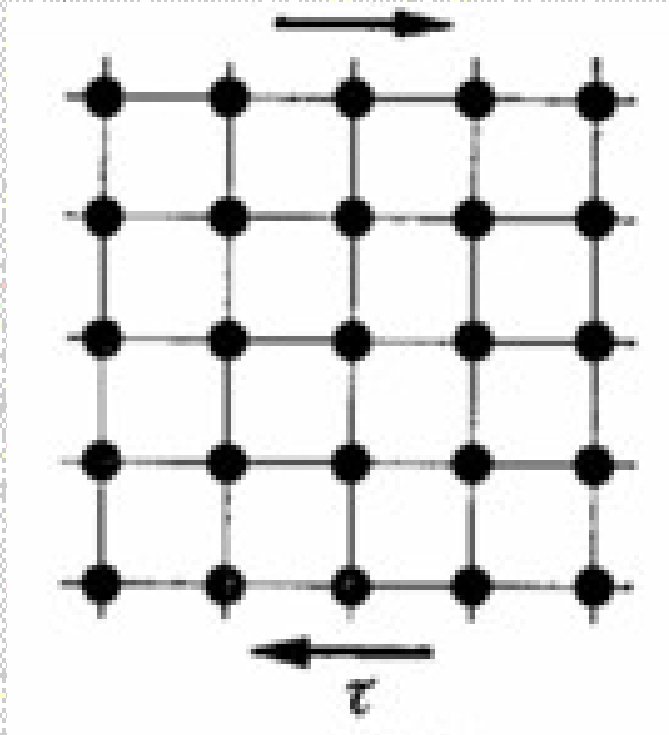


+ Ô cơ sở là phần nhỏ nhất đặc trưng đầy đủ cho các tính chất cơ bản của mạng tinh thể.

## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể.

### c, Mặt tinh thể

- Mạng tinh thể gồm các mặt song song và cách đều nhau - mặt tinh thể.

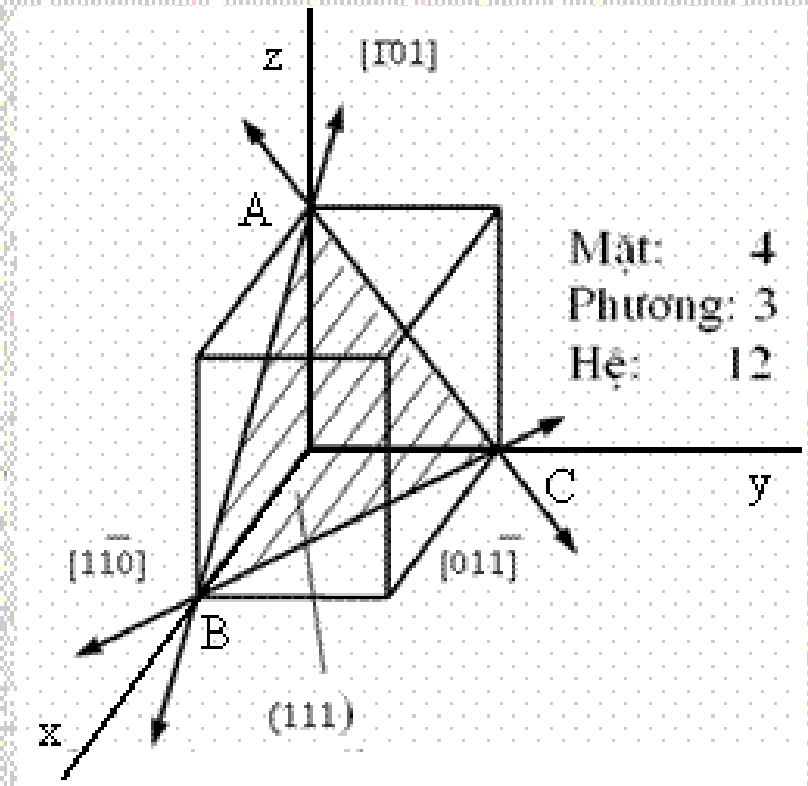


+ Dùng kí hiệu (hkl) để biểu diễn một mặt tinh thể, hkl là các số nguyên.

## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể.

### + Cách tìm hkl:

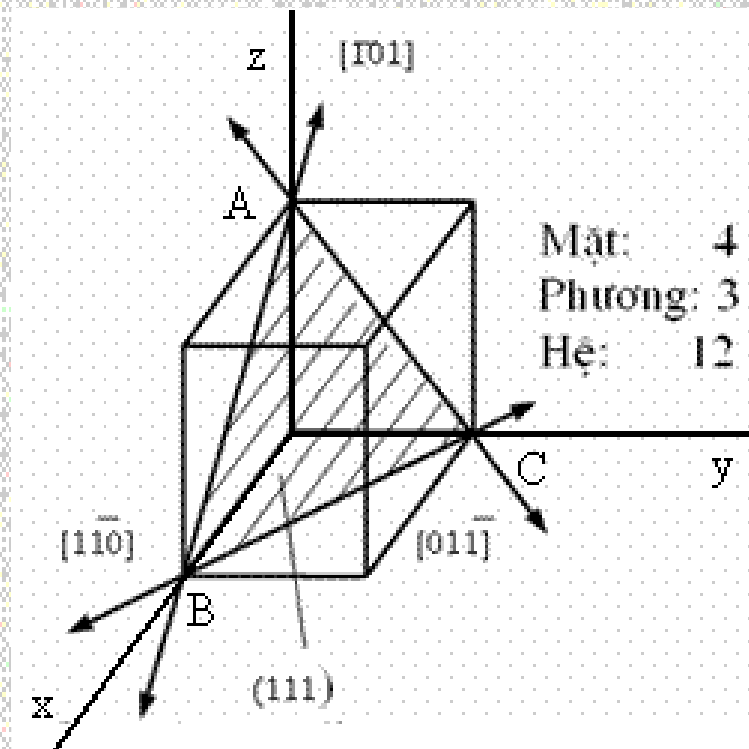
- Gắn tọa độ Đề Các vào ô cơ sở;
- Tìm giao điểm của mặt cần tìm với 3 trục tọa độ, tương ứng  $r, p, q$ ;
  - Nghịch đảo các giá trị tọa độ vừa tìm được;
  - Quy đồng và lấy giá trị của tử số –  $h, k, l$ .



## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể

### d, Phương tinh thể

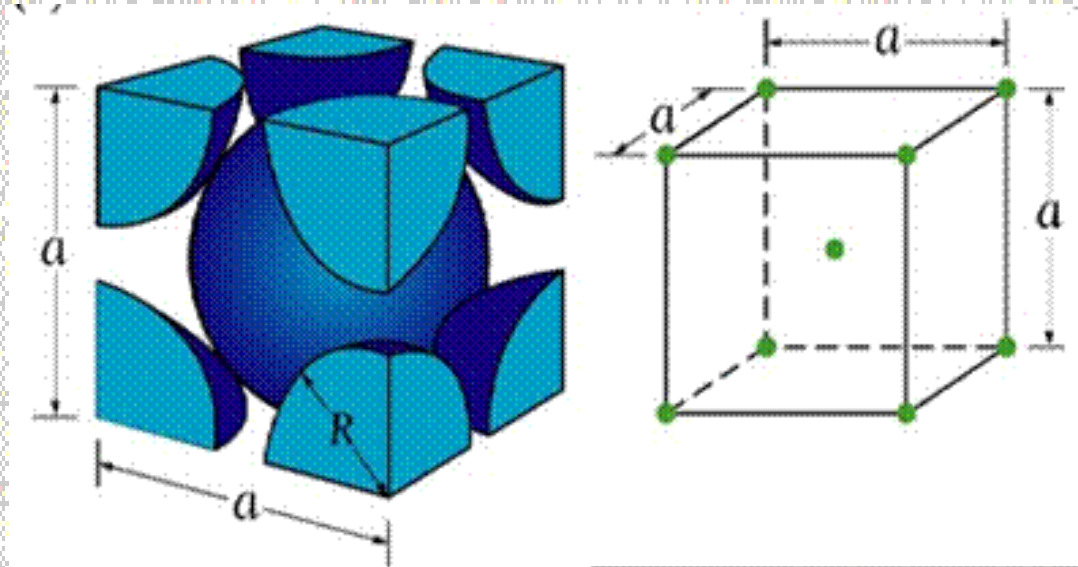
- Biểu diễn vị trí và hướng của mặt tinh thể nào đó.
- + Dùng ký hiệu  $[uvw]$  để biểu diễn phương tinh thể.
- +  $uvw$  là các số nguyên nhỏ nhất, ứng với giá trị tọa độ một chất điểm.



## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể

### *e, Thông số mạng tinh thể*

- Là kích thước cơ bản của mạng tinh thể.



+ Từ thông số mạng có thể tính ra được các khoảng cách bất kỳ trong mạng;

+ Thông số mạng được xác định theo kích thước các cạnh của ô cơ sở;

+ Đơn vị đo là Ăng-strôn (Å).  $1\text{Å} = 10^{-8}\text{ cm}$

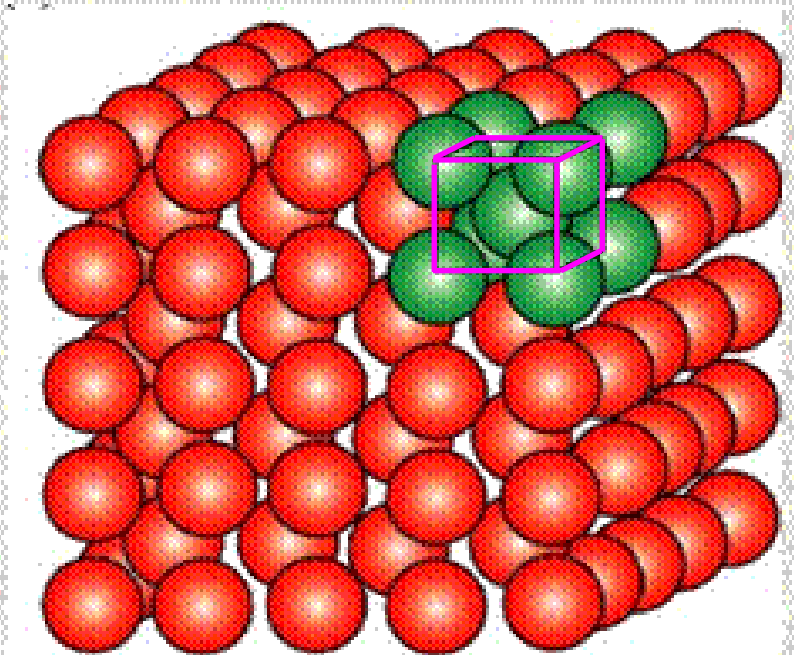
## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể

### *g, Mật độ nguyên tử trong mạng tinh thể:*

- Là đại lượng đánh giá mức độ sắp xếp xít chặt của các chất điểm đối với mỗi kiểu mạng. Bao gồm: mật độ theo phương, mật độ mặt và mật độ khối.

#### **+ Mật độ theo phương:**

- Là mức độ xít chặt của các nguyên tử theo một phương nhất định. Phương nào có khoảng cách giữa các nguyên tử nhỏ hơn thì phương đó có mật độ lớn hơn.



## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể

### + **Mật độ mặt:**

- Là mức độ xít chặt của các nguyên tử theo một mặt nào đó và được tính theo công thức sau:

$$M_s = \frac{n_s \pi r^2}{S} \cdot 100\%$$

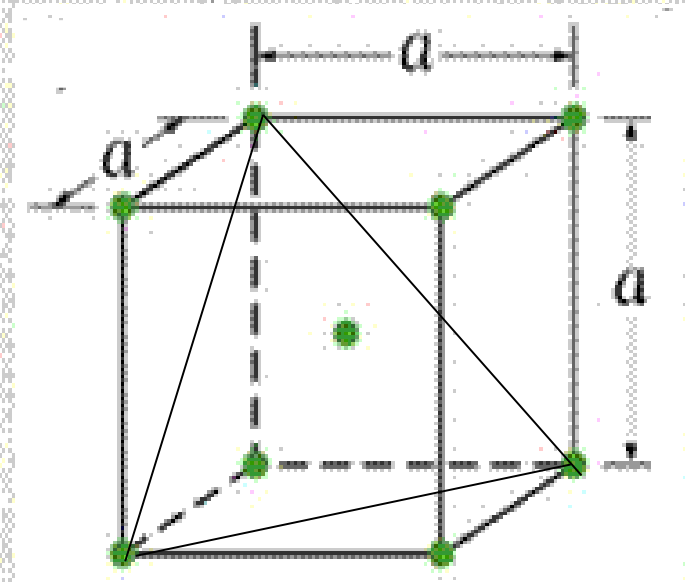
Trong đó:

$M_s$  – là mật độ mặt;

$n_s$  – là số nguyên tử thuộc diện tích  $S$  của mặt;

$r$  – là bán kính nguyên tử;

$S$  – là diện tích của mặt tinh thể.



## 1.2.1. Các khái niệm về mạng tinh thể

+ **Mật độ khối:** là mức độ xít chặt của các nguyên tử trong một ô cơ sở và được tính theo công thức sau:

$$M_v = n_v \frac{\frac{4}{3} \pi r^3}{V} \cdot 100\%$$

Trong đó:

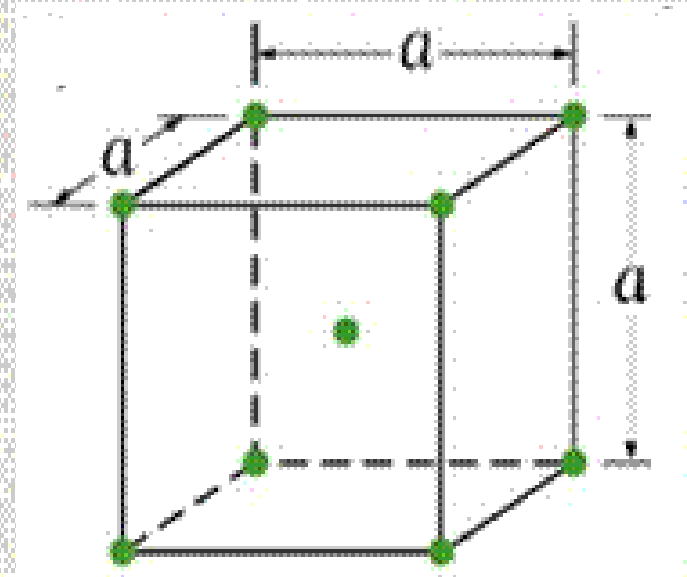
$M_v$  – là mật độ khối;

$n_v$  – là số nguyên tử thuộc thể

tích  $V$ ;

$r$  – là bán kính nguyên tử;

$V$  – là thể tích của ô cơ sở.





## 1.2. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT

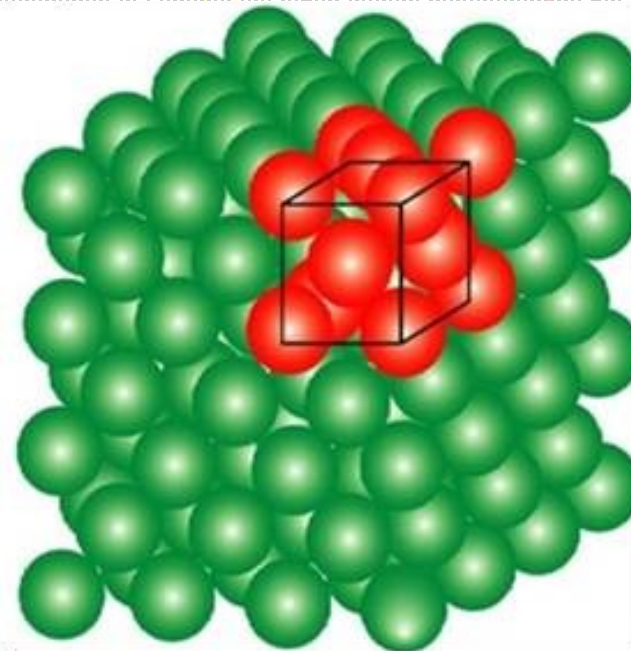
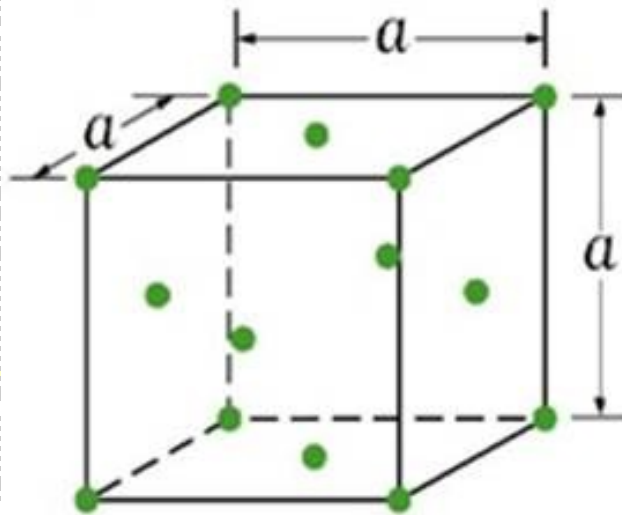
### 1.2.2. Các kiểu mạng tinh thể thường gặp của kim loại.

- Có tất cả 14 kiểu mạng tinh thể khác nhau thuộc 7 hệ.
- Kim loại nguyên chất thường tồn tại 3 kiểu mạng chính:
  - + *Lập phương thể tâm;*
  - + *Lập phương diện tâm;*
  - + *Lục giác xếp chặt.*

## 1.2.2. Các kiểu mạng tinh thể thường gặp của kim loại

### a, Lập phương diện tâm – A1 (K12)

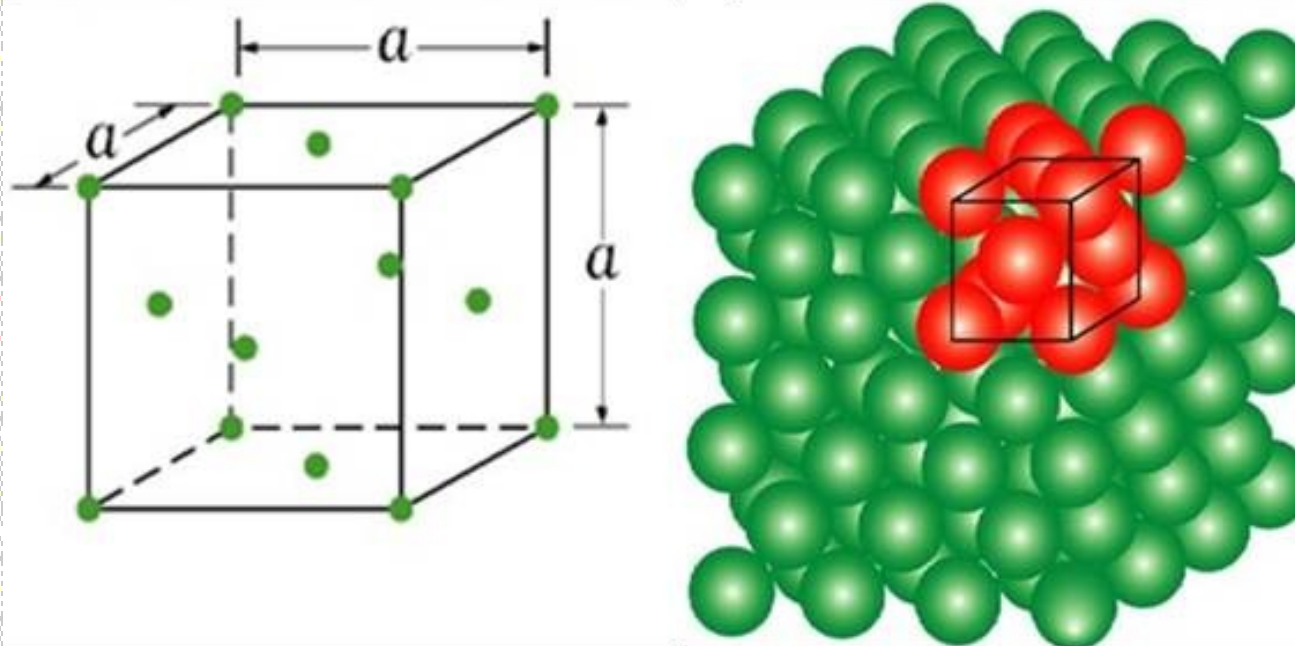
- Các kim loại có kiểu mạng này là: Fe $\gamma$ , Cu, Ni... ;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ ;
- Số sắp xếp của mạng K = 12 (số các nguyên tử cách đều gần nhất 1 nguyên tử bất kỳ);
- Mật độ mặt (111)  $M_s = 91\%$ , mật độ khối  $M_v = 74\%$ ;
- $a \approx$



## 1.2.2. Các kiểu mạng tinh thể thường gặp của kim loại

### b, Lập phương thể tâm – A2 (K8)

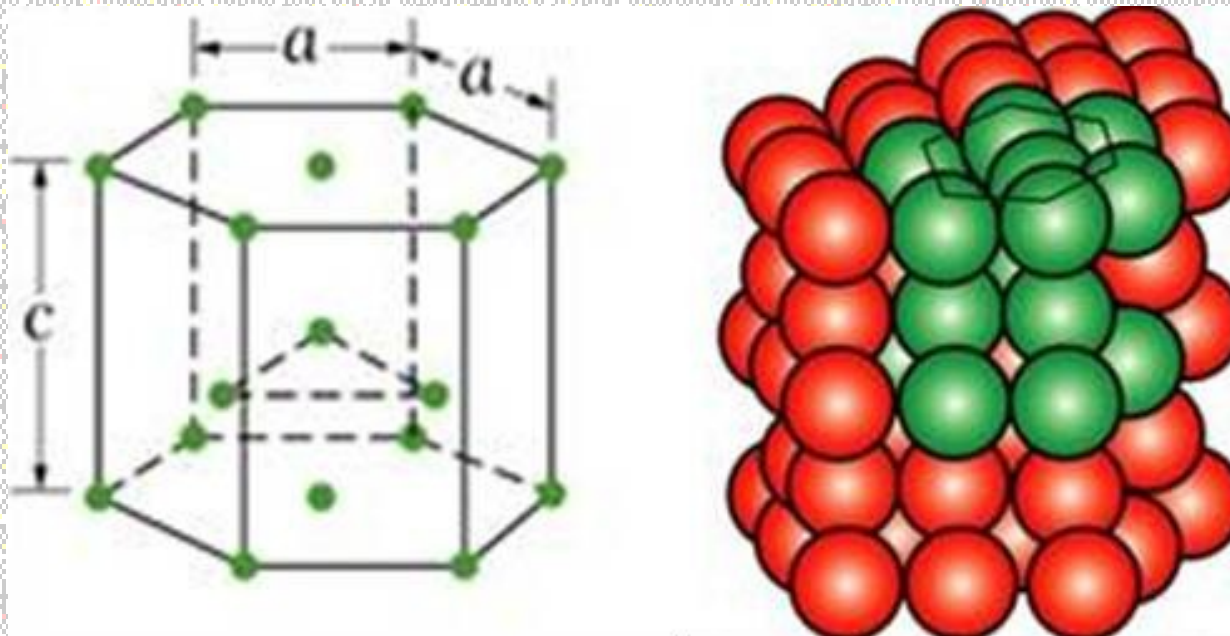
- Các kim loại có kiểu mạng này là: Fe $\alpha$ , Cr, W, Mo,...;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 8 \cdot 1/8 + 1 = 2$ ;
- Số sắp xếp của mạng  $K = 8$ ;
- Mật độ khối  $M_v = 68\%$ ;
- $a \approx 2,87 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ .



## 1.2.2. Các kiểu mạng tinh thể thường gặp của kim loại

### c, Lục giác xếp chặt – A3 (T12)

- Các kim loại có kiểu mạng này là: Zn, Mg, Cd, Cr, Mo,...;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 12 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{1}{2} + 3 = 6$ ;
- Số sắp xếp của mạng  $K = 12$ ;
- Mật độ khối  $Mv = 74\%$ ;
- $a \approx 3,2 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ ;  $c \approx 5,2 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ .



## 1.2. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT

### 1.2.3. Tính thù hình của kim loại

- Có rất nhiều kim loại có đặc tính là: *ở những khoảng nhiệt độ và áp suất khác nhau có các kiểu mạng tinh thể khác nhau – tính thù hình.*

VD: Fe

+ Ở nhiệt độ dưới  $910^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\alpha$  - mạng A2;

+ Từ  $1392 - 1539^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\delta$  - dung dịch rắn không hoà tan;

+ Từ  $910 - 1392^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\gamma$  - mạng A1.

## 1.2.3. Tính thù hình của kim loại

- Khi chuyển biến thù hình các tính chất cơ, lý, của vật liệu có thể thay đổi đột ngột.

### + *Thay đổi về thể tích:*

- Khi nung nóng đến  $910^{\circ}\text{C}$  thì có chuyển biến từ  $\text{Fe}\alpha$  - mạng A2 ( $M_v = 64\%$ ) sang  $\text{Fe}\gamma$  - mạng A1 ( $M_v = 74\%$ ) thể tích của kim loại bị giảm đi và khi làm nguội thì ngược lại.

### + *Thay đổi về tính chất:*

Carbon có 2 dạng thù hình là Graphit và Kim cương có tính chất khác nhau

Graphit – A3 là vật liệu rất mềm, Kim cương là vật liệu rất cứng.

Chế tạo Kim cương từ Graphit: nén Graphit ở áp suất 100.000 at và ở nhiệt độ  $2000^{\circ}\text{C}$



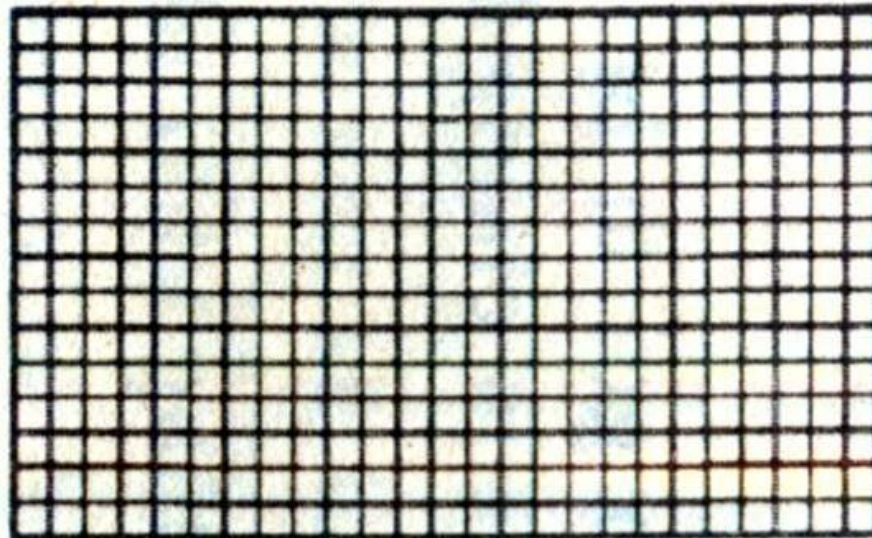
# 1.2. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT

## 1.2.4. Đơn tinh thể và đa tinh thể

### a, Đơn tinh thể

+ Khái niệm:

*Một vật tinh thể có mạng thống nhất và phương tinh thể không đổi trong toàn bộ thể tích của nó thì được gọi là đơn tinh thể. (có thể coi đơn tinh thể là mạng tinh thể đồng nhất về hình học)*



## 1.2.4. Đơn tinh thể và đa tinh thể

- Đặc điểm:

+ Kim loại đơn tinh thể có độ nguyên chất rất cao, sai lệch mạng ít nhất;

+ Có thể tồn tại các đơn tinh thể tự nhiên, hầu như để có được đơn tinh thể kim loại người ta phải nuôi;

+ Chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp bán dẫn và vật liệu điện;

+ Có tính dị hướng (là sự khác nhau về tính chất cơ, lý, hoá theo các phương khác nhau), vì theo các hướng khác nhau độ xếp chặt nguyên tử khác nhau.

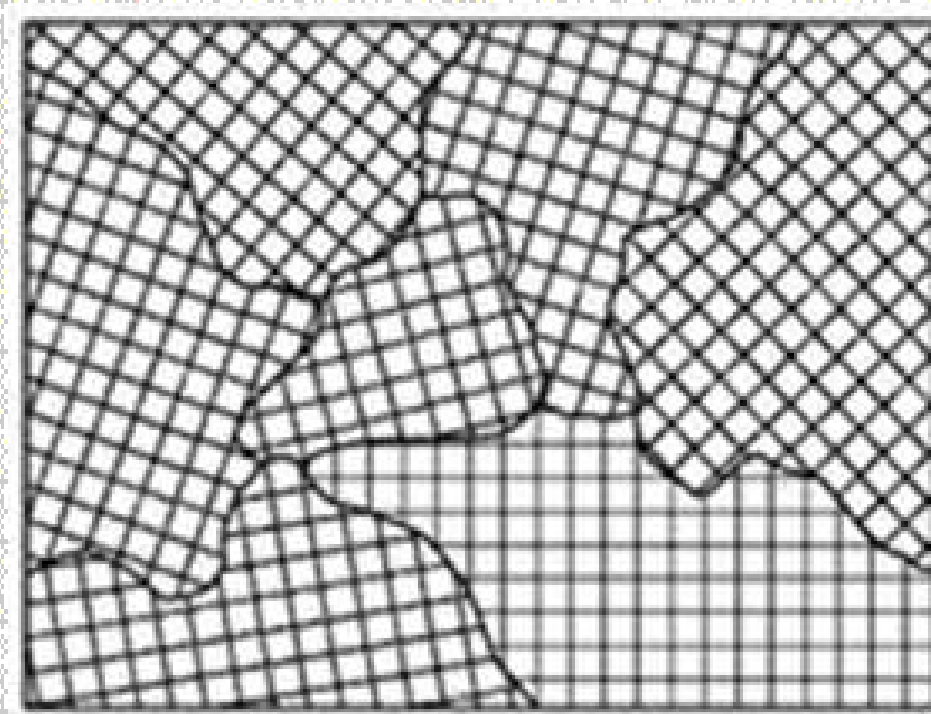


## 1.2.4. Đơn tinh thể và đa tinh thể

### ***b, Đa tinh thể***

+ Khái niệm:

*Tập hợp của vô số các hạt tinh thể liên kết với nhau gọi là đa tinh thể. Mỗi hạt tinh thể gồm nhiều tinh thể nhỏ có cùng cấu trúc mạng với định hướng khác nhau mang tính ngẫu nhiên.*



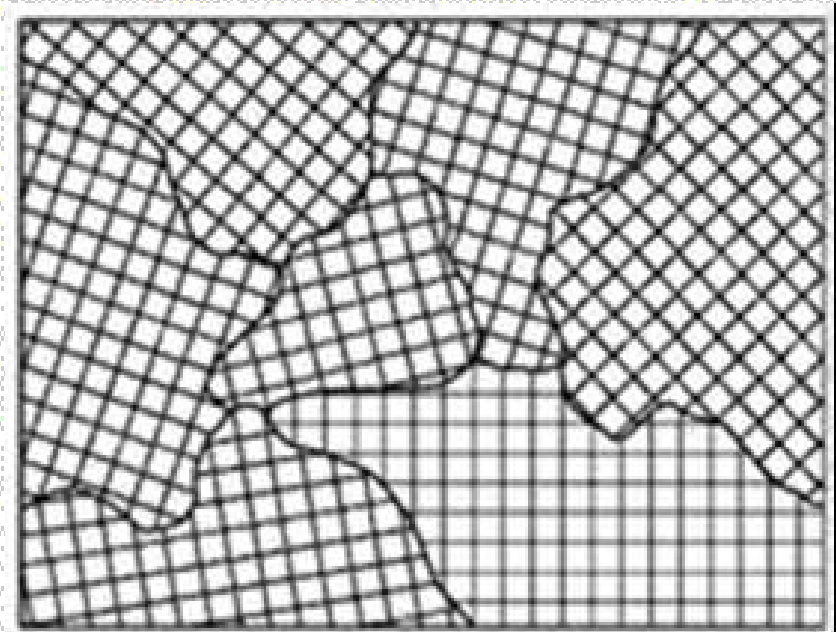
## 1.2.4. Đơn tinh thể và đa tinh thể

- Đặc điểm:

+ Sự định hướng của mỗi hạt tinh thể là ngẫu nhiên nên phương mạng giữa các hạt sẽ lệch nhau một góc từ vài độ đến vài chục độ;

+ Có tính đẳng hướng;

+ Mật độ khối thấp.

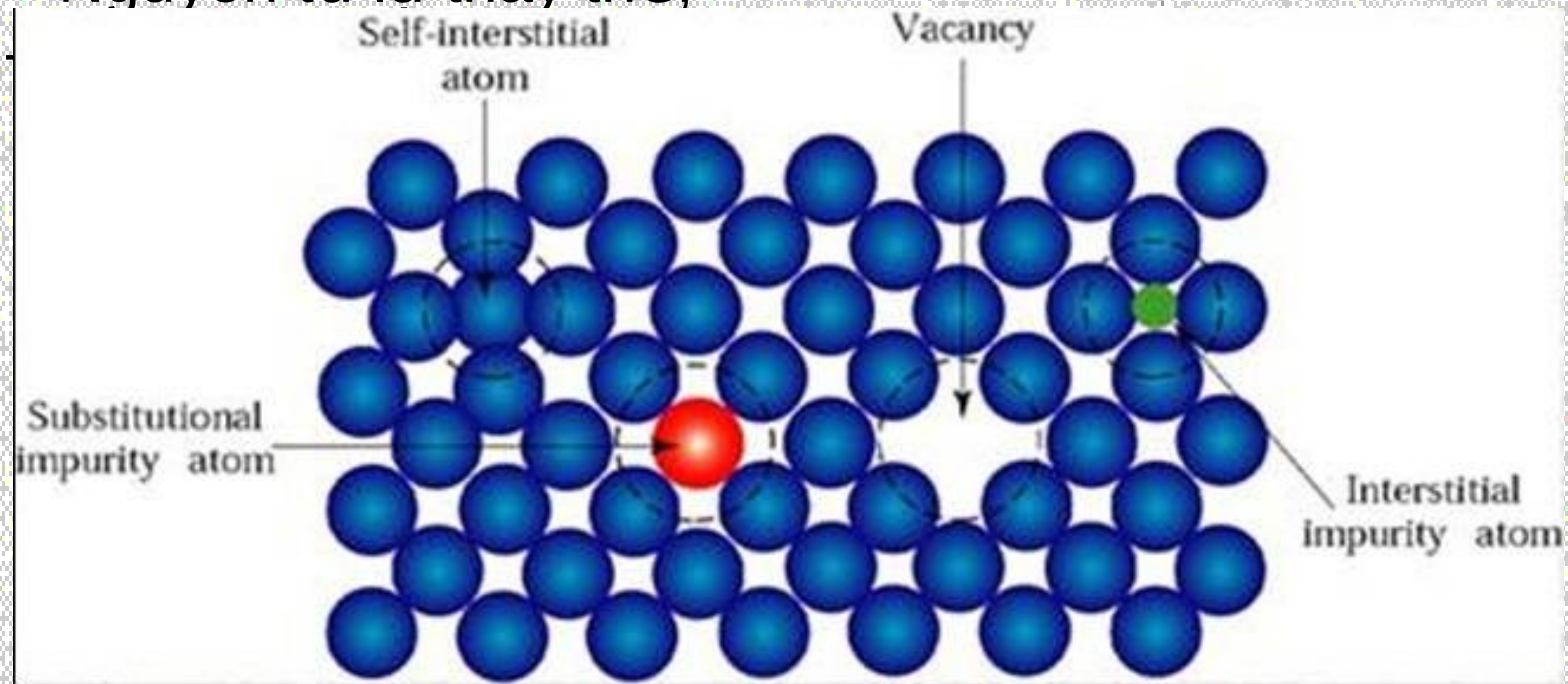


# 1.3. CÁC SAI LỆCH TRONG MẠNG TINH THỂ

## 1.3.1. Sai lệch điểm (khuyết tật)

- Là loại khuyết tật mà kích thước của chúng rất nhỏ theo cả 3 chiều trong không gian, các dạng khuyết tật điểm bao gồm:

- + Nút trống;
- + Nguyên tử xen kẽ;
- + Nguyên tử lạ thay thế;



### 1.3.1. Sai lệch điểm (khuyết tật)

+ Nút trống: là những vị trí thiếu nguyên tử, do dao động nhiệt gây ra;

+ Nguyên tử xen kẽ: khi chất điểm nhảy khỏi vị trí cân bằng, và nằm ở vị trí nào đó trong mạng tạo nên xen kẽ hay còn gọi là sai chỗ;

+ Nguyên tử lạ thay thế: Trong mạng tinh thể luôn có lẫn nguyên tử khác thường gọi là tạp chất. Do kích thước của nguyên tử kim loại nền và nguyên tử tạp chất khác nhau nên có sự xô lệch cục bộ quanh vị trí của nó, tạo nên khuyết tật điểm;

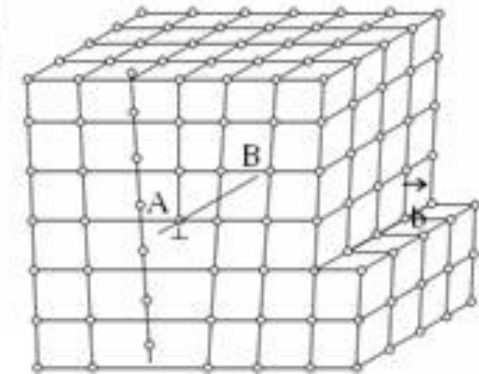
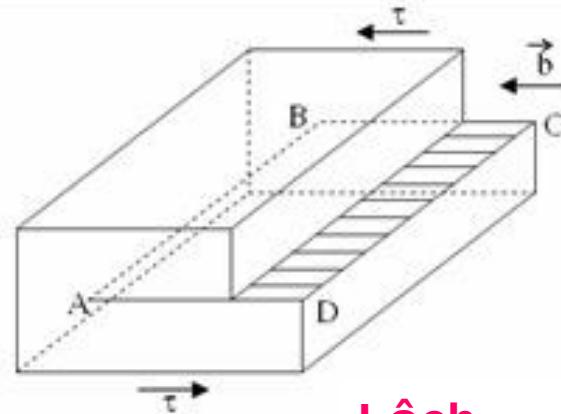
+ Nguyên tử lạ xen kẽ: những nguyên tử lạ nằm ở vị trí nào đó trong mạng tạo nên xen kẽ.

# 1.3. CÁC SAI LỆCH TRONG MẠNG TINH THỂ

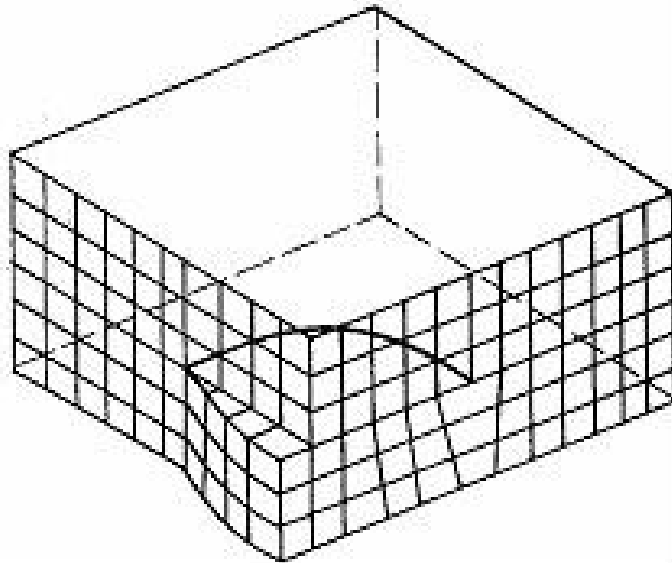
## 1.3.1. Sai lệch đường- lệch (khuyết tật đường)

- Là dạng khuyết tật có kích thước phát triển dài theo một hướng nhất định, bao gồm:

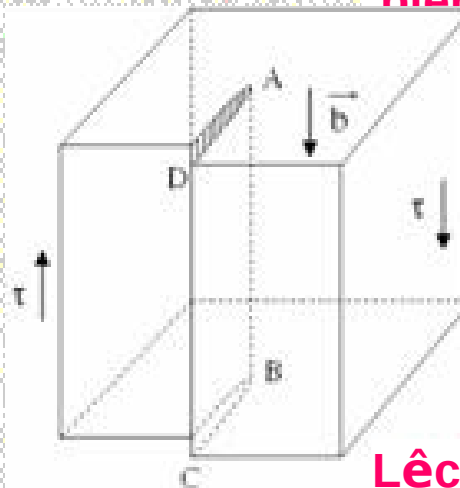
- + Lệch biên;
- + Lệch xoắn;
- + Lệch hỗn hợp.



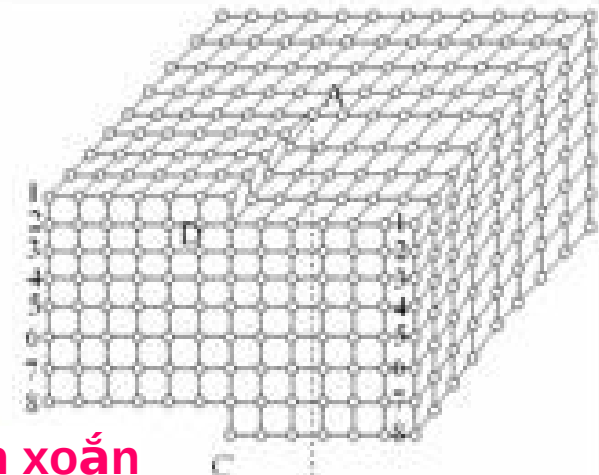
Lệch biên



Lệch hỗn hợp



Lệch xoắn



## 1.3.1. Sai lệch đường– lệch (khuyết tật đường)

### + Đặc điểm:

- Ảnh hưởng đến khả năng biến dạng và chống biến dạng của kim loại;
- Chúng được tạo thành khi kết tinh hoặc trong quá trình biến dạng dẻo;

- Mật độ lệch được xác định như sau: 
$$\rho = \frac{\sum l}{V} \quad (\text{Cm}^{-2})$$

Trong đó:  $\sum l$  – tổng chiều dài các đường lệch (cm);

$V$  – thể tích kim loại (cm<sup>3</sup>).

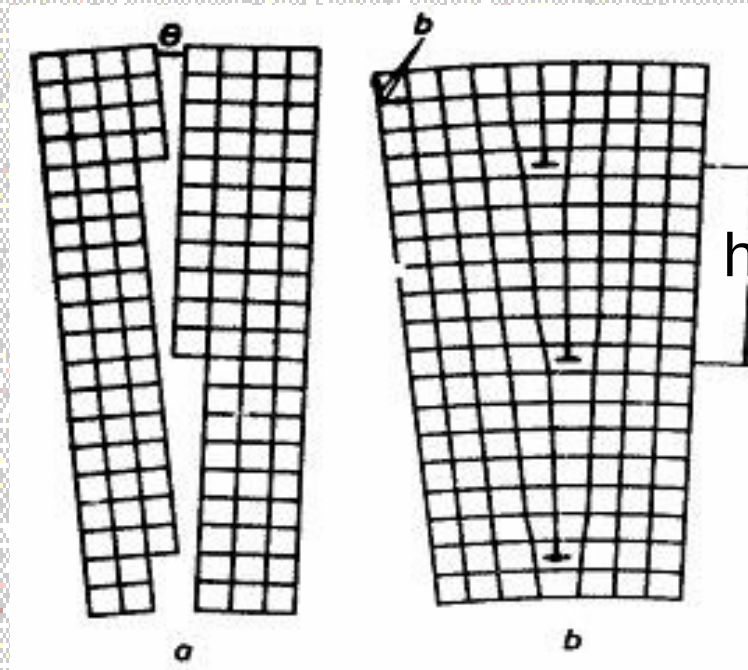
- Mật độ lệch phụ thuộc vào trạng thái kim loại, phương pháp gia công và chế tạo. ở trạng thái ủ mật độ lệch là thấp nhất  $\rho = 10^4 - 10^6 \text{ cm}^{-2}$ , ở trạng thái biến dạng cao thì mật độ lệch đạt  $\rho = 10^{12} - 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

# 1.3. CÁC SAI LỆCH TRONG MẠNG TINH THỂ

## 1.3.3. Sai lệch mặt– lệch (khuyết tật mặt)

- Là loại khuyết tật có kích thước phát triển theo hai chiều, bao gồm:

- + Biên giới hạt;
- + Biên giới pha;
- + Khuyết tật xếp và song tinh.





## 1.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

- Nhằm nghiên cứu về cấu tạo bên trong của kim loại và hợp kim bao gồm:

- + Tập hợp các thành phần cấu tạo khác nhau: Độ lớn, hình dạng hạt, cấu tạo pha và sự phân bố giữa chúng;
- + Cấu trúc bên trong sự sắp xếp các nguyên tử, ion trong mạng tinh thể.

### 1.4.1. Phương pháp mặt gãy

Quan sát kim loại ở chỗ gãy, vỡ (mặt gãy) và có thể phát hiện:

- Vết nứt lớn;
- Lấn xỉ lớn, rỗ xỉ;
- Rỗ khí;
- Sơ bộ về hạt lớn hay bé.

VD: khi thấy hạt lớn có thể biết là kim loại giòn, dễ gãy, hoặc khi thấy vết nứt và lấn xỉ có thể kết luận về nguyên nhân hư hỏng ...



## 1.4.2. Phương pháp tổ chức thô đại

- Đem mài phẳng mặt gãy bằng giấy mài có thể thấy rõ một số dạng hỏng của kim loại như nứt, lẫn xỉ, rỗ. Nếu dùng kính lúp để quan sát có thể phát hiện những dạng hỏng với kích thước nhỏ hơn, tới 0,05 mm.
- Nếu dùng một số hoá chất thích hợp để ăn mòn nhẹ bề mặt ngoài sẽ phát hiện được sự không đồng nhất của tổ chức kim loại như lớp tôi bề mặt, lớp thấm tôi tổ chức thô, sự thiên tích của photpho, và lưu huỳnh .

### 1.4.3. Phương pháp tổ chức tế vi

Đó là phương pháp nghiên cứu tổ chức kim loại bằng kính hiển vi.

#### + Kính hiển vi quang học

Sử dụng chùm ánh sáng trắng chiếu lên bề mặt mẫu.

- Độ phóng đại 50 đến 2000 lần;
- Khả năng phân ly cao nhất là  $0,4\mu\text{m}$  tức  $4000 \text{ \AA}$

#### + Kính hiển vi điện tử

Sử dụng chùm điện tử bị gia tốc trong điện trường có điện thế cao tới hàng vạn vôn nên bước sóng rất ngắn.

- Khả năng phân li của kính đến vài chục  $\text{A}^0$ , có loại tới vài  $\text{A}^0$  nghĩa là gần tới khoảng cách nguyên tử.

- Hai phương pháp nghiên cứu tổ chức tế vi này chỉ cho biết: **hình dạng, kích thước, số lượng và sự phân bố của hạt và các pha.**

## 1.4.4. Phân tích cấu trúc bằng tia Rơnghen

Tia Rơnghen có bước sóng rất ngắn nên có khả năng đâm xuyên - căn cứ vào ánh vạch nhiễu xạ của tia phản chiếu từ mặt tinh thể có thể suy ra ***một cách chính xác kiểu mạng tinh thể và giá trị của thông số mạng.***

Ngoài ra còn sử dụng các phương pháp khác như:

+ Phân tích thành phần hoá học, xác định cơ, lý, hoá tính và các khuyết tật rỗ nứt mà không phá huỷ kim loại.