

VŨ ĐÌNH CỰ - NGUYỄN XUÂN CHÁNH

# CÔNG NGHỆ NANÔ

ĐIỀU KHIỂN  
ĐẾN TỪNG PHÂN TỬ NGUYÊN TỬ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

VŨ ĐÌNH CỰ - NGUYỄN XUÂN CHÁNH

**CÔNG NGHỆ NANÔ**  
**ĐIỀU KHIỂN ĐẾN TỪNG PHÂN TỬ,**  
**NGUYÊN TỬ**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
Hà Nội - 2004

## LỜI NÓI ĐẦU

Bắt đầu từ thập kỷ 80 của thế kỷ trước nền khoa học và công nghệ thế giới đã đặc biệt chú ý tới một hướng nghiên cứu và phát triển đặc biệt kỳ lạ và lý thú mà ngày nay được gọi là *khoa học và công nghệ nano*. Tên gọi nano có ý nghĩa là hướng nghiên cứu này liên quan đến các vật thể, cấu trúc có kích thước khoảng từ 1 đến 100 nanomet, mà một nanomet bằng 1 phần tỷ của mét. Có ba lý do để cho khoa học và công nghệ nano trở nên cực kỳ hấp dẫn và là một trong các hướng nghiên cứu dẫn đầu hiện nay.

Đây là một lĩnh vực rất mới mẻ vì nó ở biên giới giữa phạm vi ứng dụng của thuyết lượng tử hiện đại và thuyết cổ điển của vật lý học. Xuất hiện nhiều tính chất kỳ lạ của các vật liệu quen thuộc, mà chỉ ở các hệ gồm vài trăm nguyên tử của vật liệu đó mới có.

Bởi vậy muốn ứng dụng vào thực tiễn các tri thức khoa học này phải phát triển công nghệ làm sao có thể điều khiển, sắp đặt vị trí cho từng nguyên tử, phân tử. Ở đây mở ra một chân trời mênh mông cho sự sáng tạo, một sự sáng tạo không quá tốn kém nhưng lợi ích thì rất to lớn.

Thực ra trong tự nhiên vốn đã sẵn có, nếu không muốn nói đó là phần chủ yếu, các vật thể nano và quá trình nano. Nhưng vì mắt thường không thấy được nên ta không biết mà chỉ đến bây giờ mới biết. Ngay cơ thể con người bắt đầu từ một tế bào cho đến một người trưởng thành, mọi quá trình đều xảy ra ở dạng quá trình nano với các loại phân tử có kích thước thang nanomet. Sự sống phát triển trên Trái Đất theo dòng của một quá trình tự nhiên trong đó các phân tử sinh học với "công nghệ nano của tự nhiên" có vai trò chủ yếu. Cũng có thể nói rằng việc phát triển ứng dụng khoa học và công nghệ nano là một bước bất chước, mở phòng tự nhiên triệt để nhất, sâu sắc nhất trong lịch sử phát triển của nhân loại.

Cuốn sách này tổng hợp một số tư liệu về khoa học và công nghệ nano, đang phát triển rất sôi động trên thế giới, nhằm giới thiệu với độc giả một hướng nghiên cứu và phát triển quan trọng có triển vọng to lớn.

Vì khoa học và công nghệ nanô là một hướng nghiên cứu liên ngành ở mức độ cao, mặc dầu vật lý học và sinh học có sự liên quan trực tiếp, nên chắc chắn cuốn sách không đề cập hết được các vấn đề, dù chỉ là các vấn đề chủ yếu và cũng không thể tránh khỏi các thiếu sót. Rất mong độc giả góp ý kiến.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

**Các tác giả**

## Chương 1

# NGUYÊN TỬ, PHÂN TỬ VÀ CẤU TRÚC NANÔ

---

Các sự vật, hiện tượng trong tự nhiên vô cùng đa dạng và phức tạp. Qua hàng vạn năm quan sát, chiêm nghiệm, nghiên cứu và thực nghiệm khoa học, loài người phát hiện rằng thế giới tự nhiên cấu tạo bởi các phân tử mà các *phân tử* lại cấu tạo bởi các *nguyên tử*.

Phân tử, nguyên tử là các hạt vô cùng nhỏ bé, mắt thường không nhìn thấy được. Mãi đến gần đây nhờ các loại kính hiển vi đặc biệt mới chụp hình được riêng từng phân tử, nguyên tử.

Trong *công nghệ nanô* phải xếp đặt vị trí cho từng phân tử, nguyên tử thành các cấu trúc vật lý có kích thước đặc trưng cỡ *nanomet* (sau này gọi tắt là: *kích cỡ nanô* hoặc *thang nanô*). Phải điều khiển được đến từng phân tử, nguyên tử để tạo ra các *cấu trúc nanô*, *vật liệu nanô* có các tính chất theo yêu cầu. Nanomet, ký hiệu nm, có giá trị bằng một phần tỷ của mét ( $1/10^9 = 10^{-9}$  m). Tiền tố nanô có gốc Hy Lạp dùng gắn vào trước các đơn vị đo để có đơn vị ước bằng một phần tỷ (ví dụ: nanogam (ký hiệu ng) = 1 phần tỷ của gam; nanô giây = 1 phần tỷ của giây (ký hiệu ns)). Nanomet là một độ dài cực kỳ nhỏ, vào cỡ kích thước của các phân tử, mắt thường không nhìn thấy được, chỉ bằng bề ngang của một vi sợi, khi sợi tóc chẻ ra thành vài nghìn vi sợi (!).

Trong chương này, để sự theo dõi được liên tục, trình bày một số thông tin về nguyên tử, phân tử có liên quan đến các tính chất của các cấu trúc vật lý, với kích thước thang nanomet gọi là *cấu trúc nanô*.

## 1.1. NGUYÊN TỬ

### 1.1.1. NGUYÊN TỬ VÀ THUYẾT LƯỢNG TỬ VỀ NGUYÊN TỬ

Cách nay khoảng 2500 năm, tức là khoảng 500 năm trước công nguyên (TCN), các nhà triết học Hy Lạp cổ đại mà đại diện là Democritus (460 - 371 TCN) đã đưa ra khái niệm *nguyên tử*, tiếng Hy Lạp *Atomos* là không thể cắt chia được. Đó là vật thể nhỏ bé nhất, viên gạch vật chất xây nên toàn bộ vũ trụ và vì thế vũ trụ là thống nhất. Vật thể nhỏ bé nhất nói trên được gọi là nguyên tử (tiếng Anh là atom). **Thuyết nguyên tử**, xuất hiện từ đó, thường được coi như một giả thuyết, chưa được thực tế chứng minh, trong khoảng hai nghìn năm. Cho đến thế kỷ XVII, nhà vật lý học và hoá học người Anh R. Boyle (1627 - 1691) nghiên cứu chất khí đã đi tới kết luận có các loại hạt (nguyên tử) khác nhau ứng với các nguyên tố khác nhau (còn gọi là các nguyên tố hoá học). Đến đầu thế kỷ XIX nhà hoá học người Anh J. Dalton (1766 - 1844) nghiên cứu thực nghiệm các nguyên tố đi đến kết luận là: mỗi nguyên tố tương ứng với một loại nguyên tử, các nguyên tử của một nguyên tố có cùng khối lượng như nhau, các nguyên tử của các nguyên tố khác nhau thì có khối lượng khác nhau v.v... Như vậy là có nhiều loại nguyên tử. Mãi đến cuối thế kỷ XIX, nhà vật lý người Anh J.J. Thomson nghiên cứu các tia âm cực, khi phóng điện qua chất khí, phát hiện ra *hạt điện tử mang điện tích âm* (electron) năm 1897. Sự kiện này chứng tỏ nguyên tử có cấu trúc nội tại và J.J. Thomson đưa ra mô hình nguyên tử như sau. Đó là một hình cầu rất nhỏ, mang điện tích dương dần đều, trong đó có các hạt điện tử, mang điện tích âm, phân bố để cân bằng điện tích. Mô hình này không đúng vì điện tích dương cũng mang bởi các hạt, như đã phát hiện ra hạt phóng xạ  $\alpha$ . Sang đầu thế kỷ XX vào khoảng 1910 E. Rutherford, nhà vật lý Anh gốc New Zealand, chiếu các tia phóng xạ vào các lá vàng và nghiên cứu sự tán xạ của chúng. Kết quả chứng tỏ rằng các nguyên tử vàng nói riêng và nguyên tử nói chung có một *hạt nhân* mang điện tích dương (+) và cực nhỏ. Kích thước hạt nhân nhỏ hơn kích thước nguyên tử hàng nghìn lần, có thể tưởng tượng rằng nếu hạt nhân to như quả bóng đá thì nguyên tử to như sân đá bóng Mỹ Đình.

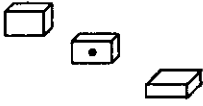
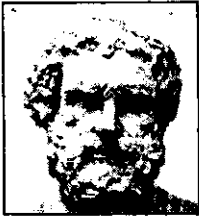
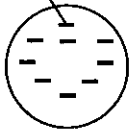

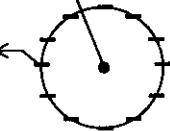

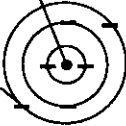

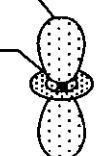

Từ kết quả trên đây Rutherford đưa ra mô hình nguyên tử gồm hạt nhân cực nhỏ mang điện tích dương, còn các điện tử mang điện tích âm chuyển động trên các quỹ đạo quanh hạt nhân như các hành tinh nên được gọi là mẫu

hành tinh. Mô hình cổ điển này không giải thích được sự bền vững của nguyên tử và quang phổ phát xạ của các nguyên tử khi chúng bị kích thích. Niels Bohr nhà vật lý Đan Mạch năm 1913 áp dụng thuyết lượng tử về sự gián đoạn các mức năng lượng vào mẫu nguyên tử có hạt nhân, đưa ra mô hình nguyên tử như sau: ở trung tâm là hạt nhân mang điện dương, xung quanh có các quỹ đạo điện tử (mang điện âm) ứng với các mức năng lượng xác định. Mô hình nguyên tử Bohr đã khắc phục được nhiều khó khăn của mô hình nguyên tử hành tinh, nhưng mọi chỉ là bán lượng tử, chưa phản ánh được đầy đủ các đặc thù của các hạt vi mô.

Đến những năm 20 và 30 của thế kỷ XX, thuyết lượng tử hiện đại được xây dựng trên cơ sở những kết quả thực nghiệm về các đặc tính của các hạt vi mô. Có thể nói gọn, theo thuyết lượng tử và được thực tế kiểm nghiệm, thì nhận thức về nguyên tử hiện nay như sau:

a. Có *khoảng chín chục loại nguyên tử trong tự nhiên*, kể cả trên Trái đất và trong Vũ trụ. Ngoài ra, theo chiều khối lượng lớn hơn các nguyên tử tự nhiên, còn chế tạo được trong phòng thí nghiệm hơn *hai chục nguyên tử nhân tạo*, nhưng số này rất không ổn định và chóng phân rã, có khi chỉ tồn tại được vài phần nghìn của giây (đồng hồ). Mỗi nguyên tử đều có *hạt nhân mang điện dương (+)* ở đây tập trung hầu hết khối lượng của nguyên tử. Xung quanh hạt nhân có các điện tử mang điện âm (-) chuyển động, tạo thành *lớp vỏ điện tử* với số điện tử sao cho tổng điện tích âm của chúng bằng về giá trị nhưng ngược dấu với điện tích của nhân, nghĩa là nguyên tử trung hòa về điện.

b. *Hạt nhân* có đường kính rất nhỏ khoảng  $10^{-13}$ m (tức là một phần mười của một phần triệu của một phần triệu của mét). Hạt nhân cấu tạo bởi hai loại hạt: hạt proton mang điện tích dương (+e) và có khối lượng gấp 1836 lần khối lượng của điện tử; hạt notron là hạt không mang điện có khối lượng xấp xỉ khối lượng của hạt proton. Vì các hạt proton mang điện cùng dấu nên đẩy nhau, do đó phải có các hạt trung hòa notron làm môi giới liên kết chúng lại với nhau, thành hạt nhân, bằng *lực liên kết hạt nhân* cực lớn. Do đó năng lượng hạt nhân là "khổng lồ".

	<p>Mô hình nguyên tử thời cổ đại Hy Lạp 400 năm TCN</p>		<p>Democritus</p>
<p>Điện tử</p> 	<p>Mô hình nguyên tử thế kỷ 19</p> <p>J.J Thomson</p>		<p>J.J. Thomson</p>
<p>Hạt nhân</p> <p>Điện tử</p> 	<p>Mô hình nguyên tử hành tinh đầu thế kỷ 20</p> <p>E. Rutherford</p>		<p>E. Rutherford</p>
<p>Hạt nhân</p> <p>Điện tử</p> 	<p>Mô hình nguyên tử bán lượng tử</p> <p>N. Bohr</p>		<p>N. Bohr</p>
<p>Mây điện tử</p> <p>Hạt nhân</p> 	<p>Mô hình nguyên tử theo thuyết lượng tử hiện đại</p>		<p>E. Schrödinger</p>

Hình 1.1: Các mô hình nguyên tử



c. Vỏ điện tử của nguyên tử có nhiều lớp, lớp ngoài cùng có đường kính cỡ  $10^{-10}\text{m}$  (cũng là đường kính của nguyên tử). Mỗi lớp vỏ có một số điện tử, nhưng tổng số điện tử của tất cả các lớp bằng tổng số proton của hạt nhân để trung hòa về điện. Trong mỗi lớp, các điện tử chuyển động theo "mây điện tử" ứng với một mức năng lượng xác định. Gọi là mây điện tử chỉ là cách minh họa gần đúng thôi, vì điện tử không chuyển động theo quỹ đạo như hành tinh chuyển động quanh mặt trời, mà theo các "hàm sóng". Các "mây điện tử" này có thể xác định được theo thuyết lượng tử, cụ thể là theo nghiệm của phương trình do một nhà vật lý người Áo E. Schrödinger xây dựng nên năm 1925.

Diễn biến nhận thức về nguyên tử của loài người, theo dòng lịch sử, từ thời cổ đại đến nay, được phác họa trên hình vẽ 1.1.

Cũng đáng chú ý rằng ở phương Đông nhận thức về vũ trụ và cấu tạo của vật chất mới chỉ dừng lại ở những tư duy khái quát về âm dương, ngũ hành hướng về hệ thống lớn của trời - đất mà thiếu tư duy phân tích theo chiều sâu, nhất là thiếu sự phát hiện chân lý bằng kiểm nghiệm đối với thực tế. Do đó không tránh khỏi dẫn đến bế tắc, không phát triển mà lại rơi vào siêu hình và thần bí.

Bảng 1.1 dưới đây cho các giá trị điện tích, khối lượng của các hạt điện tử, proton, nơtron theo hệ quốc tế SI và theo hệ đơn vị nguyên tử (au) (atomic unit). Chú ý rằng 1 đơn vị khối lượng trong hệ au bằng  $1,673.10^{-27}\text{kg}$ , 1 đơn vị điện tích trong hệ au bằng  $1,60206.10^{-19}\text{C}$  (culông).

**Bảng 1.1. Các số liệu của các hạt cấu tạo nguyên tử**

Hạt	Hệ SI		Hệ au	
	Khối lượng	Điện tích	Khối lượng	Điện tích
Điện tử	$9,110.10^{-31}\text{kg}$	$-1,60206.10^{-19}\text{C}$	$5,45.10^{-4}$	-1
Proton	$1,673.10^{-27}\text{kg}$	$+1,60206.10^{-19}\text{C}$	1	+1
Nơtron	$1,675.10^{-27}\text{kg}$	0	1	0

Ngoài khối lượng, điện tích, các hạt vi mô nói chung đều có một tính chất đặc trưng diễn tả bằng một đại lượng gọi là spin. Tiếng Anh spin có nghĩa là quay, nên dùng từ này để đặt tên cho đại lượng nói trên vì nó có giá trị như momen quay (trong cơ học cổ điển). Tuy nhiên điều đó không có nghĩa là các hạt vi mô tự quay quanh nó theo nghĩa cổ điển mà đó chỉ là một dạng vận động nội tại của hạt vi mô. Các hạt điện tử, proton, nơtron đều có mômen spin

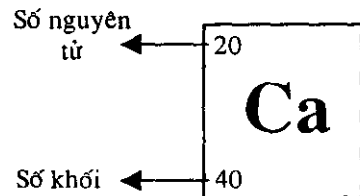
bằng  $1/2 \cdot h/2\pi$ ; trong đó hằng số Planck có giá trị  $h = 6,62517 \cdot 10^{-34}$  j.s. Nếu chọn  $(h/2\pi) = \hbar$  làm đơn vị thì số đo đó gọi là số spin của hạt vi mô. Ta thấy các hạt điện tử, proton, neutron đều có số spin bằng  $1/2$ . Tính chất spin của các hạt vi mô rất quan trọng vì chúng làm cho các hạt vi mô có từ tính, mỗi hạt giống như một nam châm cực nhỏ và rất nhiều công nghệ cao dựa trên tính chất này, thậm chí trong công nghệ nanô hình thành một hướng công nghệ gọi là kỹ thuật điện tử spin (spintronics). Từ tính của các hạt proton cũng tạo ra *mômen từ của các hạt nhân* nguyên tử. Dao động cộng hưởng của các mômen từ hạt nhân đã cho ta một công cụ y tế tuyệt vời để hiện hình các bộ phận trong cơ thể, đặc biệt là não (MRI - Magnetic Resonance Imaging).

### 1.1.2. BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ

Mỗi nguyên tố hoá học ứng với một loại nguyên tử, bởi vậy người ta thường dùng ký hiệu của nguyên tử để chỉ một nguyên tố hoá học. Mỗi loại nguyên tử có một tên quốc tế bằng từ la tinh, mỗi nước lại đặt tên cho loại nguyên tử đó theo ngôn ngữ nước mình và cố sao cho giống với tên quốc tế. Từ tên quốc tế người ta định ra ký hiệu quốc tế cho nguyên tử.

Ví dụ: nguyên tố nhẹ nhất có *tên quốc tế* là hydrogenium có *ký hiệu quốc tế* là H, tên tiếng Việt của nó là hydro (đọc là hi - đơ - rô).

Bên cạnh ký hiệu thường ghi một số giá trị của các tính chất vật lý của nguyên tử. Vì số proton trong hạt nhân bằng với số điện tử ở lớp vỏ nguyên tử, nên đó là số đặc trưng rất quan trọng của nguyên tử thường gọi là số hiệu nguyên tử, hoặc gọi tắt là *số nguyên tử* và ký hiệu là A. Trong hạt nhân ngoài số proton còn có số neutron, tổng của chúng quyết định khối lượng của nguyên tử nên tổng của số proton (A) và số neutron (N) được gọi là *số khối* (M) của nguyên tử  $M = A + N$ .



Hình 1.2: Cách biểu diễn thông thường ký hiệu nguyên tử của nguyên tố hoá học.

Hình 1.2 trình bày một thí dụ về cách ký hiệu nguyên tử ứng với một nguyên tố hoá học (canxi).

Cũng có khi chỉ ghi số nguyên tử.