

[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao i tr c tuy n t i:

[www.mientayvn.com/chat\\_box\\_li.html](http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html)

# Khái Quát Về Vật Lý Hạt Nhân - 1

**Vật lý hạt nhân** là một ngành của vật lý đi sâu nghiên cứu về hạt nhân của nguyên tử (gọi tắt là hạt nhân), mô tả và tìm ra các cấu trúc, tính chất cũng như các quy luật biến đổi và chuyển hóa trong hạt nhân.

## Nguyên Tử

Nguyên tử là phần tử nhỏ nhất của vật chất mà có tính chất vật lý và hóa học đặc trưng. Mỗi loại nguyên tử tạo nên một nguyên tố. Mỗi nguyên tố có một nguyên tử số xác định.

Đối với vật lý, nguyên tử chưa được coi là phần tử nhỏ nhất, các nhà vật lý còn tìm ra các thành phần nhỏ bé hơn của nguyên tử và xây dựng một lý thuyết nguyên tử. Trong các phản ứng hóa học, nguyên tử là phần tử nhỏ nhất không phân chia được. Ý nghĩa này mang lại tên gọi nguyên tử, "phần tử luôn giữ nguyên". Lý thuyết cho rằng tất cả vật chất được tạo thành từ các nguyên tử được gọi là lý thuyết nguyên tử

## Mô hình sơ khai về Nguyên Tử

Democritus là người đầu tiên đưa ra khái niệm nguyên tử. Mô hình nguyên tử là một thành phần của lý thuyết nguyên tử, nó phát biểu rằng nguyên tử được tạo thành từ các phần tử nhỏ hơn được gọi là các hạt hạ nguyên tử (tiếng Anh: subatomic particle). Khái niệm nguyên tử được Democritus đưa ra từ khoảng 450

TCN.

Tuy nhiên, các nhà khoa học cổ Hy Lạp không dựa trên các phương pháp thực nghiệm để xây dựng các lý thuyết mà dựa trên siêu hình học. Chính vì thế mà từ khi Democritus đưa ra khái niệm đó cho đến tận thế kỷ thứ 18 thì người ta mới có những bước tiến bộ đáng kể trong việc phát triển lý thuyết về nguyên tử. Trong hoá học, từ định luật về bảo toàn khối lượng, định luật tỷ lệ các chất trong các phản ứng hoá học, vào năm 1808, John Dalton (1766-1844) đã đưa ra lý thuyết nguyên tử của mình để giải thích các định luật trên. Lý thuyết của ông dựa trên năm giả thuyết. *Giả thuyết thứ nhất* phát biểu rằng tất cả vật chất đều được tạo thành từ các nguyên tử. *Giả thuyết thứ hai* là các nguyên tử của cùng một nguyên tố sẽ có cùng một cấu trúc và tính chất. *Giả thuyết thứ ba* là các nguyên tử không thể bị phân chia, không thể được sinh ra hoặc mất đi. *Giả thuyết thứ tư* là các nguyên tử của các nguyên tố khác nhau kết hợp với nhau để tạo ra các hợp chất. *Giả thuyết thứ năm* là trong các phản ứng hoá học, các nguyên tử có thể kết hợp, phân tách hoặc tái sắp xếp lại. Lý thuyết của Dalton không chỉ giải thích các định luật trên mà còn là cơ sở để xây dựng các lý thuyết khác về nguyên tử sau này. Cả Democritus và John Dalton đều cho rằng nguyên tử không có cấu trúc, tức là nguyên tử không được tạo thành từ các phần tử nhỏ hơn, chính vì thế người ta thường gọi các mô hình đó là mô hình sơ khai về nguyên tử. Cùng với sự phát triển của khoa học, các giả thuyết của John Dalton được xem xét lại và người ta thấy rằng không phải nguyên tử là hạt không có cấu trúc mà ngay cả nguyên tử của cùng một nguyên tố cũng có thể có tính chất khác nhau.

Vào đầu thế kỷ thứ 20, các nhà khoa học đã phát hiện ra rằng, nguyên tử được tạo thành từ ba loại hạt hạ nguyên tử, được gọi là *proton*, *neutron* và *điện tử* (electron). Proton và neutron nằm ở trung tâm nguyên tử và tạo nên hạt nhân của nguyên tử và điện tử chiếm khoảng không gian xung quanh hạt nhân đó. Số hạt hạ nguyên tử và sự sắp xếp của các hạt đó trong nguyên tử sẽ xác định tính chất hoá học của nguyên tố. Nguyên tử của cùng loại nguyên tố có thể có số neutron khác nhau (được gọi là các đồng vị) và số điện tử khác nhau (được gọi là ion). Số proton là yếu tố quyết định tính chất hoá học của nguyên tố.

## Hạt Nhân

Hạt nhân, chính xác hơn là hạt nhân nguyên tử, là cấu trúc vật chất đậm đặc (có mật độ cực lớn), chiếm khối lượng chủ yếu (gần như là toàn bộ) của nguyên tử. Về cơ bản, theo các hiểu biết hiện nay thì hạt nhân nguyên tử có kích thước nằm trong vùng giới hạn bởi bán kính cỡ  $10E-15m$ , được cấu tạo từ hai thành phần sau:

**Proton:** là các hạt mang điện tích  $+1$ , có khối lượng bằng  $1.6726 \times 10^{-27}$  kg ( $938.3 \text{ MeV}/c^2$ ) và spin  $+1/2$ . Trong tiếng Hy Lạp, proton có nghĩa là "thứ nhất".

Proton tự do có thời gian sống rất lớn, gần như là bền vĩnh viễn. Tuy nhiên quan điểm này vẫn còn một số hoài nghi trong vật lý hiện đại.

**Notron:** là các hạt không mang điện tích, có khối lượng bằng  $1.6749 \times 10^{-27}$  kg ( $939.573 \text{ MeV}/c^2$ ) và spin  $+1/2$ , tức là lớn hơn khối lượng của proton chút ít.

Notron tự do có thời gian sống cỡ 10 đến 20 phút và sau đó nhanh chóng phân rã

thành một proton, một điện tử (electron) và một neutrino.

## Việc tìm ra Điện Tử

Điện tử (electron) là hạt hạ nguyên tử đầu tiên được tìm ra dựa vào tính chất điện của vật chất. Vào cuối thập kỷ đầu tiên của thế kỷ thứ 19, người ta đã nghiên cứu *ống chùm ca-tốt* (tiếng Anh: cathode ray tube). Ống chùm ca-tốt là một ống thủy tinh, bên trong có chứa khí có áp suất thấp, một đầu của ống là cực dương, và đầu kia là cực âm.

Hai cực đó được nối với một nguồn có điện thế khác nhau, nguồn này tạo ra một dòng hạt có thể đi qua khí bên trong ống. Người ta giả thiết rằng có một chùm hạt phát ra từ cực dương đi về phía cực âm và làm cho ống phát sáng. Chùm đó được gọi là chùm ca-tốt. Khi đặt một vật chướng ngại nhẹ trong ống thì vật đó bị di chuyển từ cực dương về cực âm, người ta kết luận hạt đó có khối lượng. Khi đặt một từ trường vào thì dòng hạt bị dịch chuyển, người ta kết luận hạt đó có điện tích.

Năm 1897, nhà vật lý người Anh Joseph John Thomson (1856-1940) đã kiểm chứng hiện tượng này bằng rất nhiều thí nghiệm khác nhau, ông đã đo được tỷ số giữa khối lượng của hạt và điện tích của nó bằng độ lệch hướng của chùm tia trong các từ trường và điện trường khác nhau. Thomson dùng rất nhiều các kim loại khác nhau làm cực dương và cực âm đồng thời thay đổi nhiều loại khí trong ống. Ông thấy rằng độ lệch của chùm tia có thể tiên đoán bằng công thức toán học. Thomson tìm thấy tỷ số điện tích/khối lượng là một hằng số không phụ thuộc vào việc ông dùng vật liệu gì. Ông kết luận rằng tất cả các chùm ca-tốt đều được tạo thành từ một loại hạt mà sau này nhà vật lý người Ái Nhĩ Lan George Johnstone Stoney đặt tên là "electron", vào năm 1891.

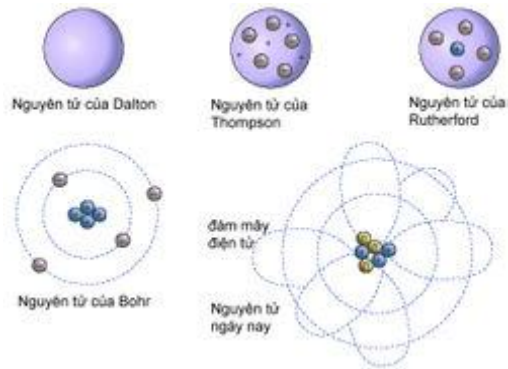
Năm 1909, nhà vật lý người Mỹ Robert Millikan (1868-1953) tìm ra khối lượng

của một điện tử bằng một phần ngàn khối lượng của nguyên tử hydrogen bằng cách dùng thí nghiệm "giọt dầu" (tiếng Anh: oil drop). Ông dùng tia X để làm cho các giọt dầu có điện tích âm, sau đó ông phun các giọt dầu này vào một dụng cụ sao cho các giọt dầu đó rơi vào khoảng không giữa hai tấm tích điện. Ông thay đổi điện tích của các tấm tích điện và xác định việc ảnh hưởng của sự thay đổi này đến quá trình rơi của các giọt dầu. Nhờ đó ông thấy điện tích của mỗi giọt dầu là một số nguyên lần điện tích của một đại lượng nào đó mà ông cho rằng đó là điện tích của một điện tử. Nhờ vào tỷ số điện tích/khối lượng của Thomson mà ông xác định được khối lượng của điện tử. Ông lý luận rằng chùm ca-tốt bị lệch đi đối với bất kỳ chất khí nào được dùng trong thí nghiệm nên ông cho rằng điện tử có mặt trong tất cả mọi nguyên tố. Do nguyên tử là trung hòa về điện, mà điện tử lại có điện tích âm nên cần phải có một điện tích dương tồn tại trong nguyên tử.

Hơn nữa, vì khối lượng của điện tử rất nhỏ so với khối lượng của nguyên tử nên cần phải có một thực thể nào đó chịu trách nhiệm cho khối lượng lớn của nguyên tử. Đây là lần đầu tiên các kết quả thực nghiệm cho thấy nguyên tử có thể bị phân chia và đó là cơ sở cho mô hình nguyên tử.

## Khái Quát Về Vật Lý Hạt Nhân - 2

### Mô hình đầu tiên về Nguyên Tử



Mô hình trên của Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr và mô hình lượng tử về nguyên tử. Dựa trên một số giả thuyết do Lord Kelvin (1824-1907) đưa ra và các kết quả của Millikan, năm 1902, Thomson đưa ra mô hình nguyên tử đầu tiên. Mô hình này cho rằng các điện tử mang điện tích âm được trộn lẫn trong vật chất mang điện tích dương, giống như các quả mận nhỏ được trộn lẫn trong bánh, mô hình này còn được gọi là mô hình bánh mận (tiếng Anh: plum pudding). Nếu một điện tử bị xô dịch thì nó sẽ bị kéo về vị trí ban đầu. Điều này làm cho nguyên tử trung hòa về điện và ở trạng thái ổn định.

Cùng khoảng thời gian đó, một nhà vật lý người Nhật bản là Hantaro Nagaoka đưa ra mô hình Sao Thổ của ông vào năm 1904. Mô hình này cho rằng vật chất mang

điện tích dương của nguyên tử giống như sao Thổ, còn các điện tử mang điện tích âm thì chuyển động giống như các vòng đai của sao Thổ. Mô hình này sẽ không bền vì điện tử sẽ mất năng lượng và rơi vào tâm của nguyên tử. *Mô hình của Thomson* được thừa nhận hơn mô hình của Nagoaka nhưng nó cũng chỉ đứng vững được vài năm cho đến khi nhà vật lý người New Zealand là *Ernest Rutherford* (1871-1937) đưa ra mô hình nguyên tử của ông. Cùng với đồng nghiệp là *Hans Geiger* và *Ernest Mardsen*, Rutherford đã dùng một chùm hạt alpha bắn phá một tấm vàng. Hạt alpha là một hạt mang điện dương (+2), có khối lượng khoảng bốn lần khối lượng nguyên tử hydrogen. Họ trông đợi phần lớn hạt alpha sẽ xuyên qua tấm vàng mà không bị lệch hướng nhiều vì khối lượng và điện tích theo mô hình của Thomson phân bố đồng nhất trong nguyên tử. Nhưng kết quả không như trông đợi. Không những có nhiều hạt bị lệch một góc rất lớn so với hướng ban đầu mà còn có nhiều hạt bị bật ngược trở lại. Rutherford cho rằng các hạt điện tích dương alpha đã va chạm với một hạt điện tích dương khác rất cứng và chiếm một thể tích rất nhỏ. Ông gọi đó là hạt nhân. Hạt nhân có các điện tử quay xung quanh giống như các hành tinh quay xung quanh Mặt Trời, tuy thể tích hạt nhân rất nhỏ so với nguyên tử nhưng phần lớn khối lượng nguyên tử lại tập trung ở đó. Mô hình này còn có cái tên là mẫu hành tinh nguyên tử. Mô hình này không được thừa nhận rộng rãi vì các nhà vật lý không hiểu tại sao một phần nhỏ của nguyên tử lại có thể mang hầu hết khối lượng của nó. Hơn nữa, mô hình này mâu thuẫn với *bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học* của Dmitri Ivanovich Mendeleev. Theo Mendeleev thì khối lượng nguyên tử của các nguyên



tổ quyết định tính chất của nguyên tố đó mà không phụ thuộc vào điện tích của hạt nhân. Mô hình này cũng không giải thích được tại sao điện tử không bị rơi vào hạt nhân.

### Việc tìm ra Proton

Năm 1913, nhà vật lý người Anh Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915) thấy rằng mỗi nguyên tố có một điện tích dương duy nhất tại hạt nhân của nguyên tử. Do đó hạt nhân phải chứa một loại hạt mang điện tích dương được gọi là proton. Số proton trong hạt nhân được gọi là nguyên tử số (tiếng Anh: atomic number). Moseley cho rằng bảng tuần hoàn nên được sắp xếp theo sự tăng dần của nguyên tử số thay cho việc sắp xếp theo sự tăng dần của nguyên tử lượng. Điều này làm cho bảng tuần hoàn thêm hoàn thiện và tiên đoán chính xác các nguyên tố sẽ được tìm ra.

### Việc tìm ra Neutron

Người ta thấy rằng nguyên tử lượng của hydro lớn hơn tổng khối lượng của một proton và một điện tử chính vì vậy phải tồn tại một loại hạt khác trong hạt nhân đóng góp vào khối lượng của nguyên tử. Vì nguyên tử trung hòa về điện nên hạt này phải không mang điện tích. Nhà vật lý người Pháp Irene Joliot-Curie (1897-1956) đã tiến hành một thí nghiệm, bà bắn phá một mẫu berili bằng chùm hạt alpha và làm phát ra một chùm hạt mới có khả năng thâm sâu vào vật chất nhiều hơn hạt alpha. Năm 1932, nhà vật lý người Anh James Chadwick (1891-1974) phát hiện ra rằng chùm hạt đó được tạo thành từ các hạt có cùng khối lượng với

proton. Do điện từ trường không làm lệch hướng chuyển động của hạt này nên nó là một hạt trung hòa về điện và ông gọi nó là neutron. Và mô hình nguyên tử của Rutherford lúc đó là: proton và neutron tạo nên hạt nhân nguyên tử, điện tử chuyển động xung quanh và chiếm phần lớn thể tích của nguyên tử đó. Khối lượng của điện tử rất nhỏ so với khối lượng của hạt nhân nguyên tử. Đến lúc đó người ta vẫn không hiểu tại sao điện tử lại có thể ổn định trong nguyên tử mà không bị rơi vào hạt nhân.

## **Vì sao Điện Tử không rơi vào trong Hạt Nhân**

Đây chính là câu hỏi mà Niels Bohr đã không trả lời được vào năm 1912. Ngay cả sau khi khám phá ra tính chất sóng tự nhiên của điện tử và sự tương đồng với các sóng đứng trong các hệ cơ học, câu hỏi trên vẫn chưa có lời giải thích; điện tử vẫn là một hạt có điện tích âm và bị hút vào trong hạt nhân.

Câu trả lời hoàn thiện đến từ nguyên lý bất định của Werner Heisenberg, nó phát biểu rằng một hạt lượng tử như electron không thể nào xác định được vị trí và động lượng cùng một lúc. Để hiểu được sự hoạt động của nguyên lý này, ta giả sử đặt một điện tử vào trong một cái hộp nhỏ. Các bức thành hộp có độ lệch là  $\delta x$ , hộp này càng nhỏ, ta càng biết rõ vị trí của điện tử trong hộp hơn. Nhưng khi cái hộp nhỏ lại, sự bất định của động năng của electron tăng lên. Và kết quả của sự bất định này, vì điện tử sẽ có động năng lớn, nó có thể xuyên thủng thành hộp và thoát ra ngoài hộp.

Vùng gần hạt nhân có thể được xem như một cái hộp phễu cực nhỏ, các bức thành của nó tương ứng với lực hút tĩnh điện, cái phải lớn hơn, nếu một electron bị chế ngự bên trong vùng này muốn thoát ra ngoài. Khi một điện tử bị kéo lại gần hạt nhân bởi lực hút tĩnh điện, vùng thể tích của nó bị giảm đi một cách nhanh chóng. Do vị trí của nó càng dễ xác định hơn, động năng của nó lúc này lại trở nên bất định, động năng của điện tử tăng lên một cách nhanh chóng, hơn là thế năng của nó để rơi vào hạt nhân, vì vậy nó bị bật lại tới quỹ đạo thấp nhất, tương ứng với  $n = 1$ .

### Bản chất lưỡng tính

Năm 1900, nhà vật lý người Đức Max Planck (1858-1947) nghiên cứu sự phát xạ ánh sáng của một vật nóng. Ông giả thiết rằng sự phát xạ sóng điện từ theo từng lượng gián đoạn gọi là lượng tử năng lượng (tiếng Anh: quantum of energy), hay gọi tắt là lượng tử. Một lượng tử năng lượng của sóng điện từ tỷ lệ với tần số của nó với hệ số tỷ lệ được gọi là *hằng số Planck*. Năm 1905, khi giải thích cho *hiệu ứng quang điện*, Albert Einstein (1879-1955) cho rằng ánh sáng không chỉ được phát xạ theo từng lượng tử mà còn có thể bị hấp thụ theo từng lượng tử. *Ánh sáng vừa có tính chất sóng và tính chất hạt*. Mỗi hạt ánh sáng được gọi là một quang tử (photon), có năng lượng là một lượng tử ánh sáng. Giả thuyết của Einstein giúp giải thích sự phát xạ trong ống chùm ca-tốt.

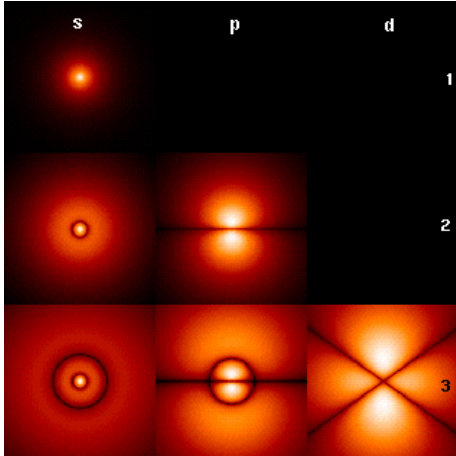
## **Khái Quát Về Vật Lý Hạt Nhân -3**

### **Mô hình nguyên tử của Bohr**

Năm 1913, nhà vật lý lý thuyết người Đan Mạch Niels Bohr (1885-1962) đưa ra mô hình bán cổ điển về nguyên tử hay còn gọi là mô hình nguyên tử của Bohr. Bohr thay đổi mô hình của Rutherford bằng cách giải thích rằng các điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân theo các quỹ đạo có năng lượng và bán kính cố định. Năng lượng của điện tử phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo của điện tử đó. Điện tử nằm trên quỹ đạo có bán kính nhỏ nhất sẽ có năng lượng nhỏ nhất và đó là trạng thái năng lượng ổn định (tên khác: trạng thái ổn định, hay trạng thái cơ bản) nhất của điện tử, điện tử không thể nằm ở các trạng thái nào thấp hơn trạng thái đó. Tuy vậy, điện tử có thể có năng lượng cao hơn khi nó nằm trên các quỹ đạo xa hạt nhân hơn, lúc này điện tử nằm ở trạng thái kích thích.

Các mức năng lượng giống như các bậc thang, điện tử không thể ở giữa các mức đó được mà chỉ có thể ở trên một bậc thang nào đó. Khi chuyển từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác, điện tử có thể hấp thụ hoặc phát ra năng lượng. Năng lượng hấp thụ và phát xạ của một quang tử chính bằng sự sai khác năng lượng giữa các quỹ đạo. Bằng mô hình đó, Bohr có thể tính được năng lượng của điện tử trong nguyên tử hydrogen từ phổ phát xạ của nguyên tử đó. Tuy nhiên, mô hình nguyên tử của Bohr không thể giải thích tính chất của các nguyên tử có nhiều hơn một điện tử.

## Mô hình nguyên tử hiện đại



(Các hàm sóng quỹ đạo điện tử của nguyên tử hi-đrô.)

Các hàm sóng quỹ đạo điện tử của nguyên tử hi-đrô. Các số lượng tử chính ở bên phải của mỗi hàng và số lượng tử phương vị được cho bởi các chữ cái ở đỉnh mỗi cột. Mô hình nguyên tử hiện đại là mô hình nguyên tử dựa trên cơ học lượng tử. Cơ học lượng tử được phát triển dựa trên sự đóng góp của nhiều người: Arthur Compton (1892-1962) tạo thí nghiệm *nhiều xạ tia X*, Louis-Victor de Broglie (1892-1987) khai triển lý thuyết *lượng tính sóng hạt*, Erwin Schrödinger (1887-1961) đưa ra *phương trình sóng*, Werner Heisenberg (1901-1976) đưa ra *nguyên lý bất định*. Dựa trên cơ học lượng tử, người ta thay đổi mô hình nguyên tử của Bohr để xây dựng lên mô hình hiện đại về nguyên tử.

Quỹ đạo xác định trong mô hình Bohr được thay bằng một quỹ đạo xác suất, trên đó điện tử có thể được tìm thấy với một xác suất nhất định. Quỹ đạo khả dĩ hay là trạng thái khả dĩ của điện tử được đặc trưng bởi *bốn số lượng tử*. Sự sắp xếp của

các điện tử trong nguyên tử tuân theo *nguyên lý Aufbau*, tức là các điện tử sẽ chiếm các trạng thái có năng lượng thấp nhất. Nhưng chúng phải thỏa mãn nguyên lý loại trừ Pauli nói rằng không thể có nhiều hơn hai điện tử trong nguyên tử ở các trạng thái năng lượng có bốn số lượng tử giống nhau. Sau đó chúng phải thỏa mãn *quy tắc Hund* phát biểu rằng các điện tử sẽ chiếm quỹ đạo sao cho có số quỹ đạo nhiều nhất đối với một điện tử. Quy tắc Hund được Friedrich Hund (1896-1997) đưa ra khi tính đến lực đẩy tĩnh điện giữa các điện tử trên một quỹ đạo. Đến đây có thể nói mô hình nguyên tử được chấp nhận ngày nay như sau: Nguyên tử được tạo thành từ một hạt nhân mang điện tích dương nằm ở tâm nguyên tử và các điện tử mang điện tích âm chuyển động xung quanh. Hạt nhân được tạo thành từ các hạt proton mang điện tích dương và các hạt neutron không mang điện. Mỗi nguyên tố chỉ có một số proton duy nhất nhưng có thể có số neutron khác nhau (các đồng vị). Hạt nhân của điện tử chiếm một vùng không gian rất nhỏ bé so với nguyên tử. Nếu coi hạt nhân là một quả cầu bán kính 1 m đặt tại Hà Nội thì điện tử to bằng hạt cát ở gần nhất cũng cách đó 100 km, tức là ở Hải Phòng.

Các điện tử chuyển động xung quanh hạt nhân trên các quỹ đạo. Sự sắp xếp của các quỹ đạo trong nguyên tử được gọi là cấu hình điện tử. Mỗi quỹ đạo được đặc trưng bởi ba số lượng tử là: số lượng tử chính, số lượng tử phương vị và số lượng tử từ. Trên mỗi quỹ đạo có thể có hai điện tử, nhưng hai điện tử này phải có một số lượng tử thứ tư là spin khác nhau.

Các quỹ đạo của điện tử không phải là những đường cố định mà là sự phân bố xác suất mà các điện tử có thể có mặt.

Các điện tử sẽ chiếm các quỹ đạo có năng lượng thấp nhất (các quỹ đạo gần hạt nhân nhất). Chỉ có các điện tử ở lớp ngoài cùng mới có khả năng tham gia để tạo các liên kết hóa học.

### Hạt alpha

Hạt Alpha hay tia alpha là một dạng của phóng xạ. Đó là hạt bị ion hóa cao và khó có khả năng đâm xuyên. Hạt alpha gồm hai proton và hai neutron liên kết với nhau thành một hạt giống hệt hạt nhân nguyên tử helium, do đó, hạt alpha có thể được viết là  $\text{He}^{2+}$ .

Hạt alpha xuất hiện trong phân rã của hạt nhân phóng xạ như là uranium hoặc radium trong một quá trình gọi là phân rã alpha (tiếng Anh: alpha decay). Đôi khi sự phân rã làm hạt nhân ở trạng thái kích thích khởi động phân rã gamma để giải thoát năng lượng.

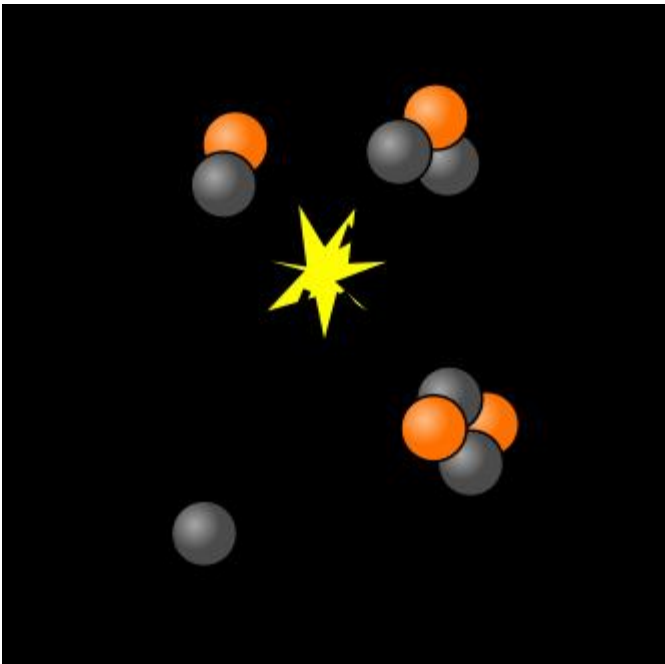
### Hạt nhân

Hạt nhân, chính xác hơn là hạt nhân nguyên tử, là cấu trúc vật chất đậm đặc (có mật độ cực lớn), chiếm khối lượng chủ yếu (gần như là toàn bộ) của nguyên tử. Về cơ bản, theo các hiểu biết hiện nay thì hạt nhân nguyên tử có kích thước nằm trong vùng giới hạn bởi bán kính cỡ  $10^{-15}\text{m}$ , được cấu tạo từ hai thành phần sau:  
**+Proton:** là các hạt mang điện tích +1, có khối lượng bằng  $1.6726 \times 10^{-27}\text{ kg}$  ( $938.3\text{ MeV}/c^2$ ) và spin  $+1/2$ . Trong tiếng Hy Lạp, proton có nghĩa là "thứ nhất".

Proton tự do có thời gian sống rất lớn, gần như là bền vĩnh viễn. Tuy nhiên quan điểm này vẫn còn một số hoài nghi trong vật lý hiện đại.

+**Notron**: là các hạt không mang điện tích, có khối lượng bằng  $1.6749 \times 10^{-27}$  kg ( $939.573 \text{ MeV}/c^2$ ) và spin  $+1/2$ , tức là lớn hơn khối lượng của proton chút ít.

Notron tự do có thời gian sống cỡ 10 đến 20 phút và sau đó nhanh chóng phân rã thành một proton, một điện tử (electron) và một neutrino





## Khái Quát Về Vật Lý Hạt Nhân -4

### Phản ứng tổng hợp hạt nhân

Phản ứng tổng hợp hạt nhân hay phản ứng hợp hạch, trong vật lý học, là quá trình 2 hạt nhân hợp lại với nhau để tạo nên một nhân mới nặng hơn. Cùng với quá trình này là sự phóng thích năng lượng hay hấp thụ năng lượng tùy vào khối lượng của hạt nhân tham gia. Nhân sắt và nickel có năng lượng kết nối nhân lớn hơn tất cả các nhân khác nên bền vững hơn các nhân khác. Sự kết hợp hạt nhân của các nguyên tử nhẹ hơn sắt và nickel thì phóng thích năng lượng trong khi với các nhân nặng hơn thì hấp thụ năng lượng.

Phản ứng hợp hạch là một trong hai loại phản ứng hạt nhân. Loại kia là phản ứng phân hạch.

Phản ứng tổng hợp hạt nhân của các nguyên tử nhẹ tạo ra sự phát sáng của các ngôi sao và làm cho bom hydro nổ. Phản ứng tổng hợp hạt nhân của các nhân nặng thì xảy ra trong điều kiện các vụ nổ sao (siêu tân tinh). Phản ứng tổng hợp hạt nhân trong các sao và các chòm sao tinh là quá trình chủ yếu tạo ra các nguyên tố hóa học tự nhiên.

Để làm cho các hạt nhân hợp lại với nhau, cần tốn một nguồn năng lượng rất lớn, ngay cả với các nguyên tử nhẹ nhất như hydro. Nhưng sự kết hợp của các nguyên tử nhẹ, để tạo ra các nhân nặng hơn và giải phóng 1 neutron tự do, sẽ phóng thích

nhiều năng lượng hơn năng lượng nạp vào lúc đầu khi hợp nhất hạt nhân. Điều này dẫn đến một quá trình phóng thích năng lượng có thể tạo ra phản ứng tự duy trì. Việc tiêu tốn nhiều năng lượng đòi hỏi phải nâng nhiệt độ của hệ lên cao trước khi phản ứng xảy ra. Chính vì lý do này mà phản ứng hợp hạch còn được gọi là phản ứng nhiệt hạch.

Năng lượng phóng thích từ phản ứng hạt nhân thường lớn hơn nhiều so với phản ứng hóa học, bởi vì năng lượng kết dính giữ cho các nhân với nhau lớn hơn nhiều so với năng lượng để giữ các electron với nhân. Ví dụ, năng lượng để thêm 1 electron vào nhân thì bằng 13.6 eV, nhỏ hơn 1 phần triệu của 17 MeV giải phóng từ phản ứng D-T (deuterium-tritium, các đồng vị của Hidrô).

### Đồng vị

Đồng vị là các dạng của cùng nguyên tố hóa học có cùng số nguyên tử và số proton trong hạt nhân nguyên tử nhưng có số khối khác nhau vì có chứa số neutron khác nhau.

Tên gọi đồng vị có nguồn gốc từ việc các đồng vị đều nằm cùng một vị trí trong bảng tuần hoàn.

Tên khoa học của các đồng vị được viết với tên của nguyên tố theo sau là dấu trừ và số nucleon (proton và neutron). Ví dụ heli-3, cacbon-12, cacbon-14, iốt-131, urani-238. Ở dạng ký hiệu, số nucleon được viết theo kiểu chỉ số trên ngay trước ký hiệu hóa học của nguyên tố. Ví dụ  $^3\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{238}\text{U}$ .

## **Vật lý hạt**

Vật lý hạt là một ngành của vật lý nghiên cứu về các hạt sơ cấp chứa trong vật chất và bức xạ, cùng với những tương tác giữa chúng. Nó còn được gọi là vật lý năng lượng cao bởi vì rất nhiều hạt trong số đó không xuất hiện ở điều kiện môi trường tự nhiên, mà chỉ được tạo ra hay phát hiện trong các vụ va chạm giữa các hạt, nhờ các máy gia tốc.

## **Lịch sử ngành vật lý hạt**

Ý tưởng về việc vật chất được tạo bởi các hạt cơ bản đã được đưa ra từ thế kỷ thứ 6 trước công nguyên. Thuyết nguyên tử đã được truyền bá bởi những triết gia người Hy Lạp như Leucippus, Democritus và Epicurus. Mặc dầu đến thế kỷ thứ 17 Isaac Newton đã nghĩ rằng vật chất được tạo bởi các hạt, song phải đợi mãi đến năm 1802, John Dalton mới chứng minh được "mọi vật đều được cấu tạo bởi các hạt cực nhỏ, gọi là các nguyên tử".

Bảng nguyên tố tuần hoàn của Dmitri Ivanovich Mendeleev năm 1869 đã củng cố lý thuyết trên, và vài thập niên sau, J.J. Thomson đã chứng minh được rằng nguyên tử được tạo bởi các hạt electron có khối lượng nhỏ và các proton có khối lượng tương đối lớn. Thí nghiệm của Ernest Rutherford đã chỉ ra rằng các proton nằm trong các hạt nhân. Ban đầu người ta cho rằng hạt nhân được tạo bởi các hạt proton và electron, nhưng trong quá trình nghiên cứu và so sánh khối lượng cùng

với điện tích của chúng thì có nhiều sơ hở. Về sau, năm 1932, người ta mới tìm ra rằng hạt nhân được tạo bởi các hạt proton, mang điện tích dương, và neutron mang điện tích trung hòa.

Thế kỷ thứ 20 là cuộc bùng nổ của vật lý hạt nhân cùng với vật lý lượng tử, cực điểm chính là các thí nghiệm phân hạt nhân cùng với bom hạt nhân, tạo ra một đà lớn cho sự phát triển của ngành công nghiệp, trong đó phải kể đến ngành xuất chế, biến đổi một nguyên tử sang một nguyên tử khác, như quá trình chuyển chì thành vàng (tồn tại trên lý thuyết, nhưng không có hiệu quả kinh tế). Trong những năm 1950 và 1960, một số lượng lớn các hạt được tìm ra bởi các thí nghiệm phân rã hạt. Khái niệm "vườn hạt", là tập hợp của các hạt, nhờ đó mà ra đời. Và nó còn tồn tại cho đến khi mô hình chuẩn được ra đời năm 1970, nơi mà tất cả các hạt và tổ hợp của chúng đều được giải thích một cách chính xác.

## **Mô hình chuẩn**

Sự phân loại các hạt cơ bản được đưa ra trong mô hình chuẩn; nó mô tả các lực cơ bản của tự nhiên như lực tương tác mạnh, lực tương tác yếu và lực điện từ, bằng việc sử dụng các hạt truyền tương tác, gauge boson. Các hạt gauge bosons như là photon,  $W^-$   $W^+$  cùng với  $Z$  boson và gluon. Mô hình này có giới thiệu 24 hạt cơ bản chứa trong vật chất. Và sau cùng, nó còn dự đoán về sự tồn tại của một loại hạt khác có tên là Higgs boson.

## Các hạt hạ nguyên tử

Các nghiên cứu trong vật lý hạt hiện đại tập trung vào các hạt hạ nguyên tử, là những hạt có cấu trúc nhỏ hơn nguyên tử. Nó bao gồm những hạt cấu thành nguyên tử như electron, proton, neutron (proton và neutron được tạo ra bởi các hạt sơ cấp gọi là quark), các hạt được tạo ra bởi quá trình bức xạ hay phân rã như photon, neutrino, muon, cũng như một số lượng lớn các hạt ngoại lai. Đối tượng nghiên cứu của vật lý hạt tuân thủ theo các định luật trong cơ học lượng tử. Ví dụ như chúng có lưỡng tính sóng-hạt - các hạt này vừa biểu hiện tính hạt như những hạt vật chất khác, vừa có thể biểu diễn dưới dạng sóng như trong các hàm sóng. Trên lý thuyết, không có sự phân biệt giữa tính hạt và tính sóng, mà nó đều được biểu diễn bằng các véc tơ trạng thái trong không gian Hilbert. Có hai loại hạt, hạt cơ bản hay còn gọi là hạt sơ cấp - là những hạt không thể chia nhỏ hơn được nữa, như electron hay photon; và hạt tổ hợp - là những hạt được cấu thành bởi các hạt khác, như proton và neutron, được cấu thành từ các hạt quark. Tất cả các hạt quan sát được cho đến ngày này đều được mô tả đầy đủ trong một mục của thuyết trường lượng tử có tên là mô hình chuẩn. Mô hình này giới thiệu 47 thành phần hạt sơ cấp, cùng với dạng tổ hợp của nó, do đó số hạt được nghiên cứu trong vật lý hạt nên tới con số vài trăm. [1] Mặc dầu mô hình chuẩn được công nhận là đúng thông qua những thí nghiệm kiểm chứng hiện đại nhất ngày nay, tuy nhiên, nhiều nhà vật lý hạt vẫn cho rằng

mô hình vẫn chưa hoàn thiện để có thể mô tả tự nhiên một cách trọn vẹn. Do vậy họ vẫn mong chờ để khám phá ra một lý thuyết mới, cơ bản hơn. Hiện tại, các số liệu về khối lượng của neutrino là những bằng chứng thí nghiệm đầu tiên của sự không hoàn thiện trong mô hình chuẩn.

Vật lý hạt có một ảnh hưởng lớn tới triết học, một số lĩnh vực của nó vẫn trung thành với thuyết hoàn nguyên, một khái niệm cổ đã được phân tích bởi nhiều triết gia và nhà khoa học. Các cuộc tranh luận về nó vẫn kéo dài cho đến ngày nay.

## **Khái Quát Về Vật Lý Hạt Nhân -5**

### **Vật lý lý thuyết hạt**

Vật lý lý thuyết hạt cố gắng để phát triển các mô hình lý thuyết, với công cụ là toán học để giải thích các kết quả của thí nghiệm hiện hành, cùng với việc dự đoán các kết quả thí nghiệm trong tương lai. Có một số lĩnh vực chính trong ngành vật lý lý thuyết hạt, song lại tạo ra một lượng lớn các hoạt động nghiên cứu. Trọng tâm của vật lý lý thuyết hạt chính là việc cố gắng hiểu sâu hơn về mô hình chuẩn cùng với các thí nghiệm kiểm chứng của nó. Bằng việc đưa ra nhiều tham số trong các thí nghiệm của mô hình chuẩn, để giảm thiểu các kết quả không chắc chắn, công việc này sẽ giúp các nhà vật lý phát hiện ra các hạn chế của mô hình chuẩn, nhờ đó giúp chúng ta hiểu sâu hơn về tự nhiên. Công việc tìm hiểu trên mang đầy thách thức, như việc tính toán các đại lượng trong sắc động lực học lượng tử. Một số nhà lý thuyết sử dụng công cụ là thuyết trường hiệu dụng, một số khác thì sử dụng thuyết lattice gauge theory.

Một đóng góp không nhỏ khác tạo bởi các nhà xây dựng mô hình, người đưa ra các ý tưởng có thể mở rộng mô hình chuẩn (với phạm vi năng lượng cao hơn hay khoảng cách nhỏ hơn). Công việc này được thúc đẩy bởi các bài toán nảy sinh ra từ những số liệu của thí nghiệm. Nó bao gồm siêu đối xứng, tiếp đến là bộ máy Higgs, hay mô hình Randall-Sundrum, là sự kết hợp của những ý tưởng trên và một số ý tưởng khác.

Một hướng đi chính trong vật lý lý thuyết hạt chính là lý thuyết dây. Các nhà lý thuyết dây có gắng xây dựng một mô hình thống nhất cơ học lượng tử với thuyết tương đối rộng, với ý tưởng chính là vật chất tạo bởi các dây, các màng nhỏ, chứ không chỉ dừng lại ở các hạt.

Song song với thuyết dây là thuyết hấp dẫn lượng tử vòng, với ý tưởng không-thời gian được lượng tử hóa, có cấu trúc và kích thước xác định.

## **Tương lai của vật lý hạt**

Các nhà vật lý hạt trên thế giới cùng hướng về một mục tiêu chung đó chính là nghiên cứu về sự tồn tại của hạt Higgs boson và các hạt siêu đối xứng. Sự hoàn thành của máy gia tốc LHC (Large Hadron Collider) vào năm 2007 sẽ tạo đà cho các nghiên cứu của vật lý hạt trong tương lai. Cùng với nó là dự án ILC (International Linear Collider), nếu như được nhất trí xây dựng, sẽ là một bước đệm rất lớn cho ngành vật lý hạt nói riêng cũng như ngành vật lý nói chung. Máy va chạm ILC sẽ cho phép các nhà vật lý hạt phát hiện các tính chất của hạt một cách chuẩn xác hơn.

Một mục tiêu chính khác của vật lý hạt chính là việc xác định khối lượng của hạt neutrino, cũng như sự kiểm chứng về sự tồn tại phản ứng phân rã kép của proton.

## **Nhà Máy Điện Nguyên Tử**





(Nhà máy điện nguyên tử ở Cattenom, Pháp. Các ống khói đang nhả ra hơi nước không phóng xạ từ tháp làm nguội. Lò phản ứng hạt nhân được đặt trong các ngôi nhà hình ống tròn.)

Nhà máy điện nguyên tử là một nhà máy tạo ra điện năng ở quy mô công nghiệp, sử dụng năng lượng thu được từ phản ứng hạt nhân.

Các loại máy điện nguyên tử phổ biến hiện nay thực tế là nhà máy nhiệt điện, chuyển tải nhiệt năng thu được từ phản ứng phân hủy hạt nhân thành điện năng. Đa số thực hiện phản ứng dây chuyền có điều khiển trong lò phản ứng nguyên tử phân hủy hạt nhân với nguyên liệu ban đầu là đồng vị Uran 235 và sản phẩm thu được sau phản ứng thường là Pluton, các neutron và năng lượng nhiệt rất lớn. Nhiệt lượng này, theo hệ thống làm mát khép kín (để tránh tia phóng xạ rò rỉ ra

ngoài) qua các máy trao đổi nhiệt, đun sôi nước, tạo ra hơi nước ở áp suất cao làm quay các turbine hơi nước, và do đó quay máy phát điện, sinh ra điện năng. Khi quá trình sản xuất và xử lý chất thải được bảo đảm an toàn cao, nhà máy điện nguyên tử sẽ có thể sản xuất năng lượng điện tương đối rẻ và sạch so với các nhà máy sản xuất điện khác, đặc biệt nó có thể ít gây ô nhiễm môi trường hơn các nhà máy nhiệt điện đốt than hay khí thiên nhiên.

### **1. Bom Nguyên Tử (Bomb A)**

Theo như chúng ta đã biết thì đối với 1 nguyên tử của vật chất nặng (Như Uranium chẳng hạn) thì khi bị tách ra thành các proton và neutron thì sẽ bị mất đi khối lượng (Còn gọi là sự hụt khối) Có nghĩa là khối lượng không được bảo toàn, và theo phương trình của Einstein thì  $E=MC^2$ , nên năng lượng tỏa ra khi trái bom nguyên tử phát nổ sẽ = độ hụt khối  $\cdot C^2$  ( 1 giá trị rất lớn). Theo mình được biết thì 2 trái bom Mỹ thả xuống Nhật, trái đầu là chứa Uranium 235, còn trái thứ 2 là chứa Polonium. Thực chất thì không phải cứ có Uranium là nó sẽ nổ. Mà chỉ khi nào nó đạt được 1 khối lượng giới hạn nào đó, gọi là khối lượng tới hạn. Khi đó thì phản ứng dây chuyền ( Chain Reaction) sẽ xảy ra. Do đó, đối với bom nguyên tử thì người ta chia nó làm 2 phần. Khi thả xuống thì 2 phần đó sẽ hợp lại với nhau và ,.... Boom...

### **2. Bom khinh khí (Bomb H)**

Bom khinh khí, hay còn gọi là bom hidro thì sử dụng phản ứng hợp hạch (khác với phân hạch là phản ứng được dùng để chế tạo cho bom nguyên tử). Phản ứng hợp

hạch xảy ra đối với các nguyên tử có nguyên tử khối nhỏ hơn Sắt còn phản ứng phân hạch thì xảy ra đối với các nguyên tử có nguyên tử khối lớn hơn sắt. Phản ứng hợp hạch chính là phản ứng diễn ra ở mặt trời , chính nhờ phản ứng này mà chúng ta có thể tồn tại được đó. Trong bom khinh khí thì phản ứng hợp hạch là phản ứng xảy ra giữa Deuterium và Tritium. Nhưng điều khó để mà chế tạo bom này là phản ứng này chỉ xảy ra với nhiệt độ rất cao. Do đó, để kích hoạt trái bom này thì cần phải dùng 1 trái bom nguyên tử để mà kích hoạt, khi đó thì phản ứng hợp hạch sẽ xảy ra. Chưa hết , sau khi phản ứng hợp hạch đã xảy ra xong thì nhiệt độ sẽ đủ để xảy ra tiếp 1 phản ứng thứ 3, phản ứng phân hạch của Uranium 238. 1 đồng vị của Uranium 235 (dùng để làm bom nguyên tử ) Ngoài ra thì trên thế giới hiện nay còn có bomb E (bom từ trường) , vũ khí được Mỹ sử dụng trong cuộc chiến với Iraq vừa qua. Điểm đặc biệt của bom này là không gây thương tích lên người mà sẽ làm cho nhiều điện tử của đối phương. Tức sẽ làm cho đối phương trở nên "Câm , điếc và mù".