

THƯ VIỆN
ĐẠI HỌC THỦY SẢN

Đ

541

Đ 108 Th

T.1

ĐÀO ĐÌNH THỨC

HÓA HỌC ĐẠI CƯƠNG

Tập I
TỪ LÝ THUYẾT ĐẾN ỨNG DỤNG

THU VIEN DAI HOC THUY SAN



1000009167



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

<http://tietulunhopta.org>

GS. ĐÀO ĐÌNH THỨC

HOÁ HỌC ĐẠI CƯƠNG

TẬP I

TỪ LÝ THUYẾT ĐẾN ỨNG DỤNG

(In lần thứ 5)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

<http://tieulun.hopto.org>

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc: NGUYỄN VĂN THỎA

Tổng biên tập: NGUYỄN THIỆN GIÁP

Người nhận xét: PGS. TRẦN THÀNH HUẾ

PGS. LÂM NGỌC THIÊM

Biên tập và sửa bản in lần I: NGUYỄN HOÀI PHƯƠNG

Biên tập tái bản: ĐINH QUỐC THẮNG

Trình bày bìa: QUỐC THẮNG

HOÁ HỌC ĐẠI CƯƠNG . TẬP I – TỪ LÝ THUYẾT ĐẾN ỨNG DỤNG

Mã số: 01.42.ĐH2002

In 1000 cuốn, tại Nhà in Đại học Quốc gia Hà Nội

Số xuất bản: 129/171/CXB. Số trích ngang 116 KH/XB

In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2002.

<http://tieulun.hopto.org>

LỜI NÓI ĐẦU

- Các tương tác trong Hóa học là các tương tác giữa các hệ hạt vi mô : nguyên tử, phân tử. Vì vậy, lí thuyết về cấu tạo nguyên tử và liên kết hóa học là lí thuyết cơ sở của toàn bộ hệ thống lí thuyết Hóa học. Cũng vì thế, với mức độ kiến thức và với phương pháp truyền thụ thích hợp, lí thuyết này được bố trí giảng dạy ở thời gian đầu của các cấp học. Giáo trình này được biên soạn theo chương trình Hóa Đại Cương A₁, áp dụng cho nhóm ngành II, giai đoạn I, hệ Đại Học.
- Giáo trình gồm 3 phần : I. Cấu tạo nguyên tử; II. Cấu tạo phân tử và liên kết hóa học; III. Các hệ ngưng tụ : liên kết và cấu trúc. Vì trong 4 loại liên kết thì liên kết kim loại, liên kết ion, liên kết (hay tương tác) giữa các phân tử hoặc chỉ tồn tại hay tồn tại chủ yếu trong các hệ ngưng tụ, đặc biệt trong tinh thể nên ứng với một giáo trình Hóa học, trong phần III, nội dung chủ yếu là đề cập đến mối quan hệ giữa liên kết - cấu trúc và tính chất của các loại tinh thể.
- Vì nguyên tử, phân tử là các hệ hạt vi mô nên lí thuyết về cấu tạo nguyên tử và liên kết hóa học phải được xây dựng trên cơ sở của cơ học lượng tử, một ngành Vật lí lí thuyết tương đối khó. Vì vậy, với đối tượng là sinh viên năm thứ nhất, tài liệu này chỉ đề cập đến một vài tiên đề cơ sở nhất của CHLT đủ để họ có thể nắm chắc được một số khái niệm quan trọng liên quan đến lí thuyết về nguyên tử và liên kết hóa học được trình bày trong giáo trình. Phương pháp trình bày các vấn đề liên quan

đến CHLT chủ yếu mang tính chất lí giải (ít đi sâu vào cơ chế toán học), nêu bật ý nghĩa vật lí của các khái niệm cũng như sử dụng các ví dụ đơn giản để cụ thể hóa các vấn đề cần xét. Đó cũng là con đường ngắn nhất của các nhà Hóa học trong việc tiếp cận với lí thuyết và phương pháp nghiên cứu hiện đại của Hóa học, liên quan nhiều đến Toán học và Vật lí lí thuyết.

- Theo kế hoạch quy định, môn học này có 5 đơn vị học trình, trong đó 4 ĐVHT dành cho phần giảng lí thuyết và 1 ĐVHT dành cho phần hướng dẫn thực hiện các bài tập (sách bài tập đã xuất bản).
- Giáo trình này là sự phát triển, mở rộng các giáo trình Hóa học ở cấp Trung học nên cũng có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo, bồi dưỡng các giáo viên dạy Hóa Phổ thông, đặc biệt là các giáo viên phụ trách các lớp chuyên Hóa.
- Việc biên soạn một giáo trình cho đối tượng là các sinh viên năm thứ nhất với một nội dung liên quan nhiều đến lí thuyết lượng tử tương đối tritư tượng, là một vấn đề đặc biệt khó khăn. Tác giả đã cố gắng tổng hợp, hệ thống hóa các kiến thức, trình bày các vấn đề lí thuyết một cách ngắn gọn để tiếp thu. Tuy nhiên, việc biên soạn chắc chắn còn có nhiều thiếu sót, rất mong sự góp ý xây dựng của các bạn đọc.

Hà Nội ngày 1 tháng 6 năm 1996

Tác giả

Chương I

CẤU TẠO NGUYÊN TỬ, HỆ THỐNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ

I.1. NGUYÊN TỬ, PHÂN TỬ, THÀNH PHẦN CẤU TRÚC CỦA NGUYÊN TỬ

I.1.1. NGUYÊN TỬ, PHÂN TỬ

Cuối thế kỉ 18 và đầu thế kỉ 19, từ các kết quả thực nghiệm, một số nhà bác học đã tìm ra các định luật cơ bản của hóa học và trên cơ sở các định luật đó, Dalton và Avogadro (Đanton, Avogadro) đã đưa ra giả thuyết về nguyên tử và phân tử.

I.1.1.1. Giả thuyết nguyên tử Dalton (1807)

I.1.1.1.1. Các định luật hóa học về khối lượng

Định luật bảo toàn khối lượng (Lavoisier, Lômônôxốp)

Trong một phản ứng hóa học, tổng khối lượng của các chất được tạo thành bằng tổng khối lượng của các chất tham gia phản ứng.

Định luật tỉ số không đổi (Proust, 1801)

Đối với một hợp chất xác định, tỉ số khối lượng của các nguyên tố tạo thành hợp chất là một tỉ số xác định, không đổi.

Định luật tỉ lệ bội (Dalton 1804).

Khi hai nguyên tố (A và B) tương tác với nhau tạo thành

hai hợp chất khác nhau thì tỉ số các khối lượng của một nguyên tố (A) trong hai hợp chất đó (m_A/m'_A) kết hợp với cùng một khối lượng của nguyên tố kia (B) là tỉ số của các số nguyên (thường là đơn giản).

1.1.1.2. Giả thuyết nguyên tử Dalton

Để giải thích các định luật hóa học trên, năm 1807 Dalton đưa ra giả thuyết nguyên tử được gọi là giả thuyết nguyên tử Dalton :

Nguyên tử là hạt nhỏ nhất cấu tạo nên các chất, không thể chia nhỏ hơn nữa bằng các phương pháp hóa học.

1.1.1.2. Giả thuyết phân tử Avogadro (1811)

1.1.1.2.1. Định luật Gay-Lussac (Gay-Luytxác, 1808) về thể tích

Tỉ số thể tích của các chất khí tham gia phản ứng hóa học là tỉ số của các số nguyên đơn giản..

1.1.1.2.2. Định luật Avogadro và giả thuyết phân tử Avogadro

Từ sự phân tích và tổng hợp nội dung các định luật hóa học về khối lượng và định luật Gay-Lussac, năm 1811 Avogadro đã đưa ra định luật Avogadro :

Trong cùng những điều kiện về nhiệt độ và áp suất như nhau, những thể tích bằng nhau của các chất khí khác nhau đều chứa cùng số phân tử như nhau.

Khái niệm phân tử như vậy được Avogadro đưa ra đầu tiên và khi ấy được sử dụng để chỉ những hạt nhỏ nhất của một chất khí có khả năng tồn tại độc lập, chứa ít nhất là 2 nguyên tử (trừ trường hợp các khí trơ khi đó chưa được biết). Định luật Avogadro như vậy chứa đựng cả nội dung của giả thuyết phân tử Avogadro.

1.1.2. HỆ THỐNG KHỐI LƯỢNG NGUYÊN TỬ, PHÂN TỬ

1.1.2.1. Số Avogadro

Số nguyên tử ^{12}C có trong 12 g cacbon 12 được gọi là số Avogadro N

$$N = 6,022 \cdot 10^{23}$$

Tỷ số $N_A = N/\text{mol}$ được gọi là hằng số Avogadro.

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

1.1.2.2. Mol

Mol là lượng chất chứa $N = 6,022 \cdot 10^{23}$ hạt vi mô (nguyên tử, phân tử, điện tử)...

$$1 \text{ mol H} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ nguyên tử H}$$

$$1 \text{ mol H}_2 = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ phân tử H}_2$$

1.1.2.3. Đơn vị khối lượng nguyên tử

Theo công ước quốc tế :

Đơn vị khối lượng nguyên tử (u) bằng 1/12 khối lượng của một nguyên tử ^{12}C .

$$u = \frac{1}{12} m_c = \frac{1}{12} \cdot \frac{12\text{g}}{N} = \frac{1\text{g}}{N} = 1,66056 \cdot 10^{-24} \text{g}$$

Đơn vị khối lượng nguyên tử còn được gọi là đơn vị cacbon, đvC (thuật ngữ này ít được sử dụng).

Khối lượng nguyên tử (tuyệt đối) thường được ký hiệu là m_A

$$\text{Ví dụ : } m_{\text{H}} = 1,0079u = 1,673 \cdot 10^{-24} \text{g}$$

Khối lượng phân tử (tuyệt đối) ký hiệu là m_M , bằng tổng khối lượng các nguyên tử trong phân tử.

$$\text{Ví dụ : } m_{\text{H}_2} = 3,346 \cdot 10^{-24} \text{g}$$

1.1.2.4. Nguyên tử khối, phân tử khối

Khối lượng nguyên tử tương đối (A_r) hay nguyên tử khối

của nguyên tố X cho biết khối lượng của nguyên tử X gấp bao nhiêu lần khối lượng được chọn làm khối lượng so sánh nghĩa là gấp bao nhiêu lần $1/12$ khối lượng của nguyên tử ^{12}C .

$$A_r(X) = \frac{m_x}{u}$$

Vì là tỷ số của 2 khối lượng nên nguyên tử khối không có thứ nguyên. Ví dụ $A_r(\text{H}) = 1,0079$ hay một cách vắn tắt, người ta thường viết : $\text{H} = 1,0079$.

Người ta cũng có thể định nghĩa : nguyên tử khối là số đo của khối lượng nguyên tử khi khối lượng nguyên tử tính ra đơn vị u.

Phân tử khối của một phân tử bằng tổng nguyên tử khối của các nguyên tử tạo thành.

Ví dụ : $M_r(\text{H}_2) = 2,0158$

1.1.2.5. Khối lượng mol nguyên tử, khối lượng mol phân tử

Khối lượng mol M_X của một loại hạt X (nguyên tử, phân tử...) là đại lượng xác định bằng hệ thức :

$$M_X = \frac{m_X}{Q_X} \text{ [g/mol]}$$

Trong đó Q_X là lượng chất X (tính ra mol) có khối lượng m_X (thường tính ra gam)

Số trị của khối lượng mol nguyên tử đồng nhất với nguyên tử khối của nguyên tố tương ứng. ⁽¹⁾

Ví dụ : nguyên tử khối của H bằng 1,0079

khối lượng mol nguyên tử của H bằng 1,0079 g/mol

(1) Sau khi mol được chọn là đơn vị lượng chất thì các khái niệm nguyên tử gam, phân tử gam không dùng nữa. Tuy nhiên cần lưu ý là xét về mặt định nghĩa và về đơn vị, không thể đồng nhất các khái niệm nguyên tử gam (g) với khái niệm khối lượng mol nguyên tử (g/mol) cũng như phân tử gam (g) với khối lượng mol phân tử (g/mol).

Một cách tương tự : Số trị của khối lượng mol phân tử cũng đồng nhất với phân tử khối của chất tương ứng.

Ví dụ : $M_r(\text{H}_2) = 2,0158 \Rightarrow M_{f\text{H}_2} = 2,0158 \text{ g/mol}$

1.1.2.6. Thể tích mol phân tử của các chất khí

Thể tích mol phân tử V_0 của một chất khí là đại lượng xác định bằng hệ thức :

$$V_0 = \frac{V}{Q} \quad [\text{l/mol hay dm}^3/\text{mol}]$$

Trong đó Q là lượng chất khí (tính ra mol) có thể tích là V (thường tính ra lít hay dm^3)

Từ định luật Avogadro ta có thể nói : trong cùng những điều kiện về nhiệt độ và áp suất như nhau thì thể tích mol phân tử của các chất khí đều như nhau.

Thực nghiệm cho biết :

Ở điều kiện tiêu chuẩn ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 1 \text{ atm}$) thể tích mol phân tử của các chất khí bằng $22,41 \text{ l/mol}$

$$V_0 = 22,41 \text{ l/mol}$$

1.1.3. THÀNH PHẦN CẤU TRÚC CỦA NGUYÊN TỬ

1.1.3.1. Điện tử

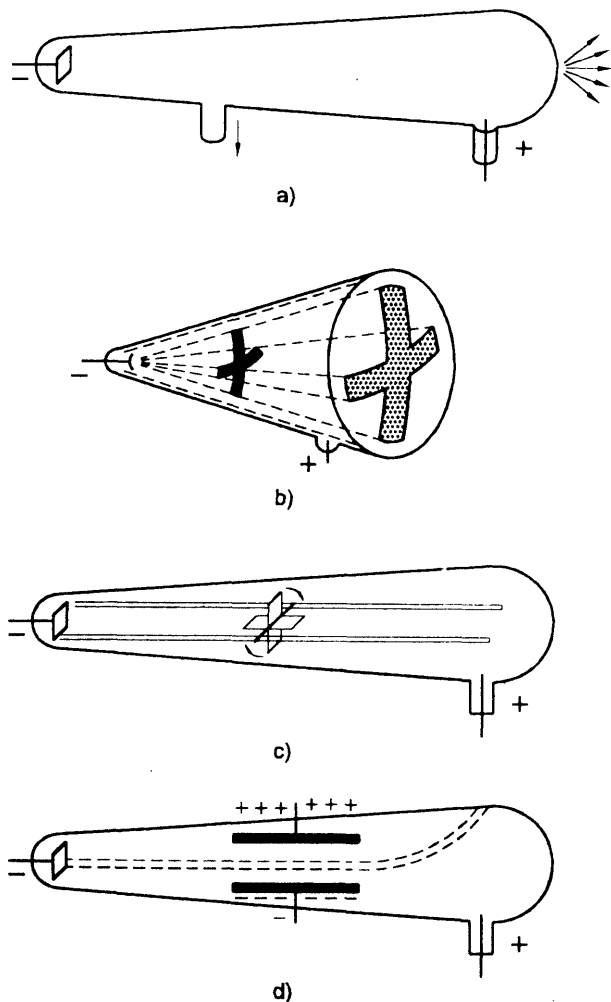
1.1.3.1.1. Sự phát minh ra điện tử

Cuối thế kỉ 19 nhiều nhà vật lí, đặc biệt là Crookes (Cruc) và Lenard (Lêna) đi sâu vào việc nghiên cứu hiện tượng phóng điện trong khí loãng (áp suất nhỏ).

Trong việc nghiên cứu này, người ta dùng một ống thủy tinh kín, dài khoảng 50 cm, trong chứa một chất khí, hai đầu có hai điện cực kim loại. Giữa hai điện cực người ta đặt một thế hiệu tương đối lớn (khoảng vài chục kV). Bằng một máy bơm, người ta có thể làm giảm áp suất bên trong ống. Khi áp suất giảm xuống khoảng 6 mm Hg, sự phóng điện bắt đầu xảy

ra, trong ống xuất hiện một dải sáng chạy từ âm cực đến dương cực. Đặc biệt khi áp suất giảm xuống dưới 0,01 mm Hg thì dải sáng trông thấy không còn nữa, tuy nhiên trên thành ống đối diện vẫn có vết sáng màu vàng lục (H.I.1a). Điều này chứng tỏ, khi đó âm cực vẫn còn phát ra một thứ tia đặc biệt không trông thấy, có khả năng gây ra hiện tượng huỳnh quang ở thành ống đối diện. Loại tia này được Lenard phát hiện năm 1894 và được gọi là tia âm cực.

Những thí nghiệm nghiên cứu về bản chất tia âm cực cho thấy "tia" âm cực thực ra là một



Hình 1.1. Thí nghiệm phát minh ra tia âm cực

thông lượng những hạt vật chất xuất phát từ âm cực và chuyển động thẳng (H.I.1b) với một vận tốc rất lớn, có khả năng làm chuyển động một bánh xe đặt trên đường đi của nó (H.I.1c). Khi cho tác dụng một điện trường hay một từ trường, tia âm cực bị lệch hướng (H.I.1d).

Từ kết quả nghiên cứu về sự lệch hướng này, năm 1895 Perrin (Peranh) đã chứng minh được rằng tia âm cực là những hạt vật chất mang một điện tích âm e và có khối lượng m xác định. Hạt vật chất này được gọi là *điện tử* (electron). Từ những phát minh trên, người ta thấy rằng điện tử phải là cấu tử của nguyên tử và nguyên tử là một hệ thống phức tạp được cấu tạo bởi các hạt vô cùng nhỏ bé.

1.1.3.1.2. Điện tích và khối lượng của điện tử

Bằng thực nghiệm người ta có thể xác định được chính xác khối lượng và điện tích của điện tử.

$$\text{Khối lượng : } m_e = 5,4858 \cdot 10^{-4} u = 9,1019 \cdot 10^{-28} \text{ g}$$

$$\text{Điện tích âm : } e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -e_0 = 1-$$

Điện tích $q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ được gọi là điện tích sơ đẳng thường được ký hiệu là e_0 và dùng làm đơn vị điện tích (cho hệ nguyên tử).

Điện tích của điện tử thường được ký hiệu là $e = -e_0$, hay 1-

1.1.3.2. Hạt nhân nguyên tử. Thành phần cấu trúc của hạt nhân nguyên tử

1.1.3.2.1. Hạt nhân nguyên tử

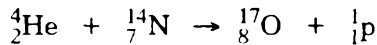
Trong thí nghiệm nghiên cứu về đường đi của tia α (hạt được phóng ra từ các chất phóng xạ) khi được phóng vào những lá kim loại cực mỏng, Rutherford (Røzefo, 1911) nhận thấy rằng, đa số các hạt đều đi thẳng xuyên qua lá kim loại (thường là lá vàng) nhưng cũng có một số hạt đi lệch theo hướng khác và thậm chí có hạt bị bật trở lại sau khi gặp lá kim loại. Điều

này chỉ có thể được giải thích là ngoài các điện tử tạo thành lớp vỏ nguyên tử, trong nguyên tử còn có một hạt nhân mang điện tích dương, tập trung hầu hết khối lượng của nguyên tử nhưng lại có kích thước rất nhỏ so với thể tích của nguyên tử. Mô hình này được gọi là mô hình nguyên tử có hạt nhân của Rutherford.

1.1.3.2.2. Thành phần cấu trúc của hạt nhân nguyên tử

Hạt nhân nguyên tử được cấu tạo bởi hai loại hạt là proton và nơtron (có tên chung là nucleon hay hạch tử).

Proton : Proton được chính Rutherford khám phá ra năm 1919. Khi bắn phá hạt nhân Nitơ bằng tia α (${}^4_2\text{He}$), Rutherford thấy xuất hiện hạt nhân của ôxi và một loại hạt có khối lượng $m \approx 1 \text{ u}$ và mang một điện tích sơ đẳng dương :



Hạt proton như vậy chính là ion H^+ và ion này đã được Goldstein (Gônxtai) khám phá ra trước đó khi nghiên cứu về tia dương cực.

Hạt này như vậy là một cấu tử của hạt nhân nguyên tử và được gọi là proton (p). Phản ứng của Rutherford chẳng những có ý nghĩa to lớn về mặt khoa học mà còn có ý nghĩa đặc biệt về phương diện lịch sử vì đây là lần đầu tiên con người đã thành công trong việc biến đổi nguyên tố này thành nguyên tố khác.

Khối lượng :

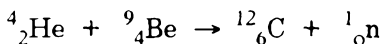
$$m_p = 1,00724 \text{ u} = 1,6725 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1836,1 m_e$$

Điện tích (dương) :

$$q_p = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = +e_0 \text{ hay } 1+$$

Notron : Khi bắn phá hạt nhân Beri bằng tia α . năm 1932 Chadwick (Chetuych) đã chứng minh được rằng hạt nhân còn được cấu tạo bởi một loại hạt cơ bản khác không mang điện

tích và có khối lượng xấp xỉ bằng một đơn vị khối lượng nguyên tử, được gọi là nơtron (n).



Khối lượng : $m_n = 1,00865 \text{ u} = 1,67482 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

Điện tích : $q_n = 0$

1.1.3.3. Số điện tích và số khối hạt nhân. Nguyên tố hóa học. Đồng vị

1.1.3.3.1. Số điện tích hạt nhân Z

Ta đã biết, trong hạt nhân có hai loại hạt : proton và nơtron. Vì nơtron trung hòa điện nên điện tích của hạt nhân là do điện tích của proton quyết định. Proton mang một điện tích sơ đẳng dương (e_0). Nếu hạt nhân có Z proton thì điện tích của hạt nhân bằng Z điện tích sơ đẳng dương: Ze_0 . Z là một số được gọi là *số điện tích hạt nhân*.

Vì trong nguyên tử, số proton bằng số điện tử (nguyên tử trung hòa điện) nên số điện tích hạt nhân Z cũng bằng số điện tử.

$$Z = \text{số proton} = \text{số điện tích hạt nhân} = \text{số điện tử} \quad (1)$$

1.1.3.3.2. Số khối của hạt nhân

Tổng số proton Z và số nơtron N trong hạt nhân được gọi là *số khối* A của hạt nhân đó (người ta cũng thường coi A là số khối của nguyên tử).

$$A = Z + N$$

Vì proton và nơtron đều có khối lượng xấp xỉ bằng một đơn vị u và vì điện tử có khối lượng rất nhỏ ($m_e = 0,00055 \text{ u}$) nên số khối hạt nhân còn có nghĩa là giá trị gần đúng (hay trị số đã được làm tròn) của nguyên tử khối.

(1) Z hoàn toàn không phải là điện tích và điện tích (một đại lượng vật lý) hoàn toàn không thể bằng một số (số điện tử, số thứ tự..)

Cũng chính vì thế mà A được gọi là số khối.

Ví dụ : Đối với Liti : nguyên tử khối : $A_r = 7,01985$
số khối : $A = 7$

1.1.3.3. Những đặc trưng của nguyên tử

Nếu biết số khối A và số điện tích hạt nhân Z của một nguyên tử ta sẽ biết số proton, số điện tử và số nơtron $N = A - Z$ có trong nguyên tử đó.

Vì vậy, số điện tích hạt nhân Z và số khối A được coi là những đặc trưng của nguyên tử.

Để đặc trưng đầy đủ một nguyên tử, người ta thường ghi thêm ở bên trái kí hiệu nguyên tử, số khối A (phía trên) và số điện tích hạt nhân Z (phía dưới)



X là kí hiệu của một nguyên tử nào đó

Ví dụ : ${}^{23}_{11}\text{Na}$

1.1.3.4. Đặc trưng của nguyên tố hóa học

Khái niệm nguyên tố hóa học, xuất hiện trước khi có các thuyết về nguyên tử, được sử dụng để chỉ các "chất cơ sở" tạo nên mọi chất và có những tính chất hóa học riêng biệt. Những nguyên tố hóa học khác nhau thì có tính chất hóa học khác nhau.

Mặt khác, theo lí thuyết nguyên tử thì số điện tử trong nguyên tử quyết định tính chất hóa học của nguyên tử. Vì số điện tích hạt nhân Z bằng số điện tử nên số điện tích hạt nhân Z là số đặc trưng cho nguyên tố hóa học. Với $Z = 1$ ta có nguyên tố Hidro, với $Z = 6$ ta có nguyên tố Cacbon ...

Chính vì lí do này, trong hệ thống tuần hoàn các nguyên tố, để phù hợp với qui luật biến thiên tính chất của các nguyên tố người ta sắp xếp thứ tự các nguyên tố theo số điện tích hạt

nhân Z. Vì vậy Z còn được gọi là số thứ tự của nguyên tố hóa học tương ứng.

1.1.3.3.5. Đồng vị

Sự xác định chính xác khối lượng nguyên tử cho thấy rằng, ứng với một nguyên tố hóa học (có Z xác định) có thể có một số loại nguyên tử có số khối khác nhau được gọi là những đồng vị.

Những đồng vị là những dạng khác nhau của cùng một nguyên tố mà nguyên tử của chúng có số neutron N khác nhau và do đó có số khối A khác nhau

(Đồng vị = cùng vị trí trong hệ thống tuần hoàn tức là cùng một nguyên tố).

Ví dụ : Cacbon tự nhiên là một hỗn hợp của 2 đồng vị $^{12}_6\text{C}$ và $^{13}_6\text{C}$. Hạt nhân của hai đồng vị đều có 6 proton nhưng số neutron lần lượt là 6 và 7. Chính đồng vị $^{12}_6\text{C}$ đã được chọn làm cơ sở để định nghĩa đơn vị khối lượng nguyên tử.

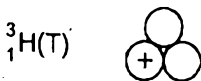
Hầu hết các nguyên tố hóa học là hỗn hợp của nhiều đồng vị. Ngoài những đồng vị tồn tại trong tự nhiên (khoảng 300) người ta còn điều chế được hàng nghìn đồng vị nhân tạo.

Hidro có 3 đồng vị :

1. Hidro hay hidro nhẹ ^1_1H :

Hạt nhân chỉ có một proton duy nhất. Đây là trường hợp duy nhất mà hạt nhân không có neutron.

Vì chỉ có một proton nên H còn được gọi là prôti. Đồng vị này chiếm một tỉ lệ rất lớn trong hidro tự nhiên ($\approx 99,98\%$).



Hình 1.2 : Các đồng vị của Hidro

2. Hidro nặng hay Đơteri ${}^2_1\text{H}$ hay D :

Hạt nhân có một proton và một nơtron, chiếm khoảng 0,016% hidro tự nhiên.

3. Triti ${}^3_1\text{H}$ hay T :

Hạt nhân có 1 proton và 2 nơtron (trường hợp duy nhất mà số nơtron gấp đôi số proton), có thành phần không đáng kể trong hidro tự nhiên ($\approx 4 \cdot 10^{-3}\%$) thường được điều chế nhân tạo.

Về phương diện hóa học thì đơteri kém hoạt động (phản ứng chậm) hơn hidro thường. Khi điện phân nước, những phân tử H_2O bị điện phân trước, còn lại những phân tử D_2O tụ lại trong bình điện phân. Đây là phương pháp quan trọng nhất để điều chế đơteri dưới dạng nước nặng (D_2O) nguyên chất. Ứng với đồng vị đơteri ta có nước nặng D_2O , đơterôamoniac ND_3 , đơterôxit như NaOD , đơterôaxit như D_2SO_4 , DCl ,... Vì đa số các nguyên tố hóa học là hỗn hợp của nhiều đồng vị nên nguyên tử khối của các nguyên tố đó là nguyên tử khối trung bình của hỗn hợp đồng vị.

Ví dụ : Cacbon tự nhiên là hỗn hợp của hai đồng vị : ${}^{12}\text{C}$ (98,9%), với nguyên tử khối là 12 ; ${}^{13}\text{C}$ (1,1%) với nguyên tử khối là 13,0034. Nguyên tử khối (trung bình) của Cacbon tự nhiên sẽ là :

$$A_r = \frac{(12 \cdot 98,9) + (13,0034 \cdot 1,1)}{100} = 12,011$$

1.1.4. HỆ THỨC TƯƠNG ĐỐI EINSTEIN (ANHXTANH) 1903

1.1.4.1. Hệ thức tương đương giữa khối lượng và năng lượng

Khối lượng và năng lượng là những thuộc tính của vật chất. Khối lượng là thước đo quán tính và năng lượng là thước đo vận động của vật chất.

Theo thuyết tương đối của Einstein thì giữa khối lượng m và năng lượng E của một vật thể có hệ thức :

$$E = mc^2$$

c là vận tốc của ánh sáng trong chân không

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Trong mọi quá trình, sự biến thiên về năng lượng ΔE của một hệ nào đó luôn luôn kèm theo sự biến thiên về khối lượng Δm của hệ và ngược lại. Khi đó ta có :

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Trong hóa học và trong vật lí học có định luật bảo toàn khối lượng, định luật bảo toàn năng lượng. Tuy nhiên, theo hệ thức tương đối Einstein có sự chuyển hóa qua lại giữa năng lượng và khối lượng. Trong mọi quá trình, nếu có sự trao đổi năng lượng (ví dụ phản ứng thu phát nhiệt trong hóa học) thì luôn luôn có sự biến đổi khối lượng hay ngược lại. Do đó, nếu nói một cách thật chặt chẽ thì các định luật trên (phát biểu một cách độc lập) không hoàn toàn chính xác. Vì vậy, hai định luật trên có thể được tổng hợp thành một định luật duy nhất gọi là *định luật bảo toàn khối - năng lượng*.

Vì c có giá trị rất lớn ($\approx 3 \cdot 10^8$ m/s) nên sự biến thiên về khối lượng Δm chỉ đáng kể trong các quá trình có kèm theo sự biến thiên năng lượng ΔE lớn, ví dụ, trong các phản ứng hạt nhân, còn đối với các phản ứng hóa học thông thường, với hiệu ứng năng lượng (thu hay phát) nhỏ, sự biến thiên khối lượng Δm quá nhỏ, không phát hiện được qua đo lường thực nghiệm. Vì vậy, trên thực tế, định luật Lavoisier (Lavoiđiê) vẫn được coi là hoàn toàn nghiệm đúng.

Đối với hệ vi mô, đơn vị năng lượng thường được sử dụng là electron - Vôn (eV). Đó là năng lượng của một điện tử có được khi chuyển động qua đoạn đường có hiệu điện thế $U = 1 \text{ V}$.

Vì $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ nên

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ (C)} \cdot 1 \text{ (V)} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

hay $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Hệ thức trên có thể viết :

$$E \text{ (MeV)} = \frac{E \text{ (J)}}{1,602 \cdot 10^{-13}}$$

Theo hệ thức $E = mc^2$ thì ứng với một khối lượng bằng một đơn vị khối lượng nguyên tử u ta có một năng lượng.

$$E \text{ (MeV)} = \frac{10^{-3}(2,9979 \cdot 10^8)^2}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}} = 931,5 \text{ MeV}$$

như vậy $1u = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$.

Điều đó có nghĩa là ứng với sự tăng hay giảm khối lượng $\Delta m = 1 u$ có sự hấp thụ hay giải phóng một năng lượng bằng 931,5 MeV. Người ta thường dùng hệ thức trên để tính năng lượng giải phóng trong các phản ứng hạt nhân.

1.1.4.2. Khối lượng nghỉ và khối lượng tương đối tính

Cũng từ thuyết tương đối Einstein, giữa khối lượng m và vận tốc v của một vật thể có hệ thức :

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Trong đó c là vận tốc của ánh sáng trong chân không

m_0 là khối lượng nghỉ ($v = 0$),

m_v là khối lượng của vật khi chuyển động với vận tốc v , và được gọi là khối lượng tương đối tính của vật.

Theo hệ thức này khi vận tốc của vật tăng thì khối lượng của nó cũng tăng (tăng năng lượng). Tuy nhiên, vì vận tốc c của ánh sáng quá lớn nên sự hiệu chỉnh khối lượng chỉ cần chú ý trong trường hợp vật thể có vận tốc v lớn (ví dụ điện tử trong nguyên tử), còn đối với các vật thể vĩ mô như máy bay, viên đạn, sự hiệu chỉnh khối lượng cũng hoàn toàn không cần thiết.

Vì khi $v > c$ thì $1 - \frac{v^2}{c^2} < 0$ nên hệ thức trên cũng cho biết là không có vật thể nào có vận tốc lớn hơn vận tốc của ánh sáng.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

1. Khi điện phân nước người ta xác định được là ứng với 1 g hiđrô sẽ thu được 7,936 g ôxi. Hỏi :

a) Một nguyên tử ôxi có khối lượng gấp bao nhiêu lần khối lượng của một nguyên tử hiđrô ?

b) Nếu quy ước chọn khối lượng nguyên tử hiđrô làm đơn vị thì ôxi sẽ có nguyên tử khối là bao nhiêu ?

c) Ngược lại nếu chọn 1/16 khối lượng của nguyên tử ôxi làm đơn vị thì hiđrô có nguyên tử khối là bao nhiêu ?

d) Biết rằng khối lượng của nguyên tử ^{12}C gấp 11,9059 lần khối lượng nguyên tử hiđrô. Hỏi nếu chọn 1/12 khối lượng nguyên tử ^{12}C làm đơn vị thì hiđrô có nguyên tử khối là bao nhiêu ?

2. Biết rằng nguyên tử khối của natri bằng 22,99 và khi điện phân 75,97 g NaCl người ta thu được 29,89 g Na. Hãy tính nguyên tử khối của Clo.

3. Trong phản ứng tổng hợp một mol phân tử nước, hệ thống tỏa ra một năng lượng bằng 289 kJ. Hãy tính độ biến thiên khối lượng trong phản ứng đó và cho nhận xét.

4. Clo tự nhiên (Cl = 35,45) là hỗn hợp của hai đồng vị ^{35}Cl và ^{37}Cl mà nguyên tử khối tương ứng là 34,97 và 36,97. Hãy tính thành phần phần trăm của hai đồng vị đó.

5. Một vật chuyển động với vận tốc v bằng 80% vận tốc của ánh sáng. Hỏi khi đó khối lượng tương đối tính bằng bao nhiêu lần khối lượng nghỉ m_0 ?