

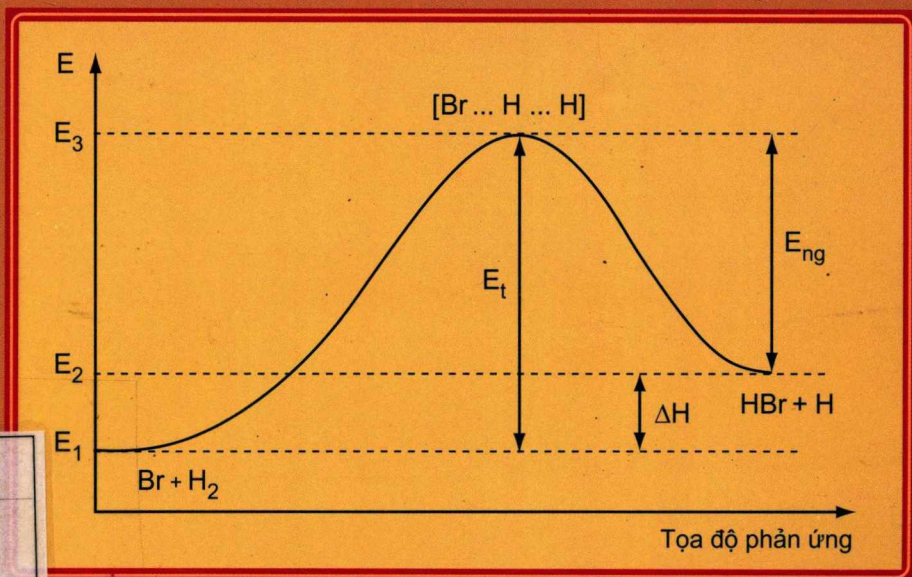


CK.0000069623

VŨ ĐĂNG ĐỘ

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC

(Dùng cho sinh viên khoa Hoá các trường  
ĐH Tổng hợp và Sư Phạm)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

VŨ ĐĂNG ĐỘ

# CƠ SỞ LÍ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC

(Dùng cho sinh viên khoa Hoá các trường  
Đại học Tổng hợp và Sư phạm)

*(Tái bản lần thứ mười một)*

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

## LỜI NÓI ĐẦU

(Cho lần tái bản thứ chín)

Khi đọc kỹ lại sách để chuẩn bị cho lần tái bản này tác giả thật sự bị sốc khi phát hiện ra nhiều lỗi khác nhau. Dù lỗi là nặng hay là nhẹ và nguyên nhân là chủ quan hay khách quan thì đó vẫn là thiếu sót. Tác giả chân thành mong bạn đọc thể tất.

Trong lần tái bản này tác giả sửa các lỗi nói trên và bổ sung, sắp xếp lại một vài phần. Sự bổ sung này không nhiều vì nội dung của sách đã được chọn lọc, cân nhắc khá công phu ngay từ đầu. Nó hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu về cơ sở lý thuyết hiện đại để qua đó người học có thể học tốt các môn học khác có liên quan trong chương trình đào tạo. Sự đón nhận của đông đảo bạn đọc ở các lần xuất bản trước đã phần nào nói lên điều đó.

Mặc dù hiện nay Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội đã đổi tên thành Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, nhưng vì ý nghĩa lịch sử của cuốn sách chúng tôi vẫn dùng tên cũ là Trường Đại học Tổng hợp.

Tác giả hi vọng rằng "Cơ sở lý thuyết các quá trình hoá học" sẽ tiếp tục là bạn đường của đông đảo sinh viên các trường Đại học, cũng như các đối tượng bạn đọc khác.

Hà Nội, tháng 10 năm 2009

**Tác giả**

# LỜI NÓI ĐẦU

(Của lần xuất bản đầu tiên)

Sự phát triển mạnh mẽ của khoa học và kỹ thuật đòi hỏi sự phát triển tương ứng của nền giáo dục. Ngay ở các nước đã phát triển, việc cải cách giáo dục cũng vẫn luôn luôn được quan tâm để cho sự nghiệp giáo dục thích ứng tốt hơn với sự phát triển của xã hội và có hiệu quả kinh tế xã hội ngày càng cao.

Từ mấy năm nay nước ta cũng đang thực hiện công cuộc cải cách giáo dục.

Trong cải cách giáo dục nói chung và cải cách giáo dục ở bậc đại học nói riêng, một trong các mục tiêu được đặt ra là hoà nhập hệ thống giáo dục đại học của nước ta với các nước trong khu vực và trên thế giới. Trong những yếu tố tạo nên sự hoà nhập này có lẽ quan trọng hơn cả là sự tương đồng về kiến thức, nghĩa là một sinh viên tốt nghiệp một ngành nghề nào đó của một trường đại học nước ta phải được trang bị một khối lượng kiến thức, một khả năng thực hành, một tâm trí thức tương đương với một sinh viên cùng ngành nghề ở các trường Đại học của các nước khác.

Để đạt được mục tiêu này việc đầu tiên phải làm là cải tiến nội dung chương trình, giáo trình, phương pháp giảng dạy. Giáo trình **CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC** được viết theo tinh thần đó. Nó được dùng chủ yếu cho sinh viên khoa Hoá các trường Đại học Tổng hợp, tuy nhiên nó cũng có thể dùng cho sinh viên của các trường Đại học khác như Sư phạm, Bách khoa, Dược khoa v.v.. cũng như cho giáo viên Hoá của các trường Phổ thông Trung học và nhiều đối tượng khác.

Giáo trình này được viết theo chương trình cải cách đã được Hội đồng khoa học Khoa Hoá học Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội thông qua.

Khi viết giáo trình này tác giả đã tham khảo tài liệu của nhiều nước, trong đó có những tài liệu xuất bản gần đây nhất. Tác giả đã cố gắng trình bày tất cả các vấn đề một cách hệ thống, chặt chẽ có tính định lượng ở mức độ của "Hoá lí - Phần một" trong hệ thống chương trình của các môn Hoá ở khoa Hoá trường Đại học Tổng hợp. Trong mỗi chương đều có các ví dụ áp dụng, và cuối mỗi chương đều có các bài tập với mức độ khác nhau để sinh viên có dịp vận dụng các kiến thức đã học và có cơ hội thể hiện khả năng sáng tạo của mình.

Đã đã hết sức cố gắng, tác giả tin rằng cuốn sách vẫn còn nhiều thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp và phê bình của đồng nghiệp và bạn đọc.

Cuối cùng tác giả chân thành cảm ơn PGS. TS. Vũ Ngọc Ban, PGS. Hoàng Nhâm, PGS. TS. Lê Chí Kiên, GS. TS. Trần Văn Nhân, TS. Nguyễn Việt Huyền đã đọc và cho những nhận xét quý báu về nội dung cuốn sách.

Tác giả cũng cảm ơn PGS. TS. Triệu Thị Nguyệt đã kiểm tra bản thảo lần cuối và giúp sửa chữa nhiều lỗi kỹ thuật.

Hà Nội, ngày 20 tháng 5 năm 1993.

Tác giả

# I MỘT SỐ VẤN ĐỀ CƠ SỞ CỦA HOÁ HỌC

## 1.1. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA HOÁ HỌC

Trong lịch sử phát triển của hoá học, các định luật *bảo toàn khối lượng* (Lavoisier, 1743 – 1794), *thành phần không đổi* (Proust J.L., 1754 – 1826), *tỉ lệ bội* (Dalton. J, 1766 – 1850), *tỉ lệ thể tích* (Gay – Lussac, 1778 – 1850) và *Avogadro* (1776 – 1850) được xem là các định luật cơ bản của hoá học vì chúng đặt cơ sở cho sự hình thành học thuyết nguyên tử – phân tử, cơ sở của hoá học hiện đại, và là cơ sở cho những tính toán định lượng trong hoá học.

### 1.1.1. Định luật bảo toàn khối lượng

– *Định luật* : Khối lượng của các sản phẩm phản ứng bằng khối lượng của các chất tham gia phản ứng.

– *Nhận xét* : Theo vật lí học hiện đại, định luật bảo toàn khối lượng chỉ hoàn toàn đúng khi các phản ứng hoá học không kèm theo hiệu ứng nhiệt. Trong trường hợp ngược lại, khi phản ứng giải phóng hay hấp thụ một lượng nhiệt  $Q$ , khối lượng của hỗn hợp phản ứng phải giảm hay tăng một lượng  $\Delta m$  thoả mãn định luật Einstein (Anhxtanh) :

$$Q = \Delta m \cdot C^2$$

Với  $C$  là tốc độ ánh sáng.

Tuy nhiên, do hiệu ứng nhiệt của các phản ứng hoá học chỉ vào khoảng  $10^2$  kJ/mol, sự thay đổi khối lượng tương ứng là :

$$\Delta m = \frac{Q}{C^2} = \frac{10^2 \cdot 10^3}{(3 \cdot 10^8)^2} \approx 10^{-11} \text{ (kg)}$$

Vì sự thay đổi khối lượng là rất bé, có thể bỏ qua, trong hoá học người ta vẫn chấp nhận định luật bảo toàn khối lượng.

– *Ứng dụng* :

a) *Cân bằng các phương trình hoá học* : Sự bảo toàn khối lượng chứng tỏ trong phản ứng hoá học chỉ xảy ra sự đổi chỗ của các nguyên tử từ phân tử này sang phân tử khác. Nói cách khác, trong phản ứng hoá học số nguyên tử của mỗi

nguyên tố được bảo toàn. Do đó, số nguyên tử của mỗi nguyên tố ở hai vế của phương trình phản ứng hoá học phải bằng nhau.

b) *Tính khối lượng của các chất* tham gia phản ứng và các sản phẩm phản ứng theo quy tắc tỉ lệ thuận dựa theo phương trình phản ứng.

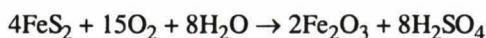
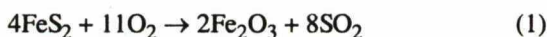
*Ví dụ* : Quá trình điều chế  $H_2SO_4$  được thực hiện qua các phản ứng sau :



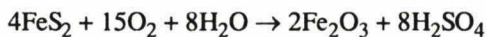
Có thể điều chế được bao nhiêu kg  $H_2SO_4$  nguyên chất từ 1 kg pirit ( $FeS_2$ ) nguyên chất ?

*Giải* :

*Cách 1* : Tìm phương trình phản ứng tổng cộng bằng cách nhân (2) với 4 và nhân (3) với 8 :



Từ phương trình phản ứng tổng cộng thu được, ta có :



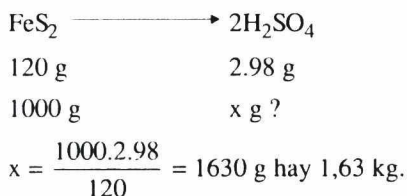
$$4.120 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 8.98 \text{ g}$$

$$1000 \text{ g} \qquad \qquad \qquad x \text{ g ?}$$

$$x = \frac{1000.8.98}{4.120} = 1630 \text{ g hay } 1,63 \text{ kg.}$$

Như vậy, từ 1 kg pirit sắt có thể điều chế được 1,63 kg  $H_2SO_4$  nguyên chất.

*Cách 2* : Vận dụng định luật bảo toàn khối lượng dưới dạng bảo toàn số nguyên tử của mỗi nguyên tố. Trong quá trình phản ứng, lưu huỳnh trong pirit sắt chuyển sang  $H_2SO_4$ . Theo định luật bảo toàn số nguyên tử, từ 1 phân tử  $FeS_2$ , phải thu được 2 phân tử  $H_2SO_4$  :



Cách giải này áp dụng thuận lợi cho các trường hợp không biết các phản ứng trung gian.

### 1.1.2. Định luật thành phần không đổi

– *Định luật* : Một hợp chất, dù điều chế bằng cách nào cũng luôn luôn có thành phần không đổi.

– *Ví dụ* : Nước, dù điều chế bằng các phản ứng khác nhau như :

Đốt hidro trong oxi,

Đốt hidrocarbon trong oxi (hay trong không khí),

Phản ứng giữa một axit và một bazơ,

Khử đồng oxit bằng hidro ,..

Luôn luôn có tỉ lệ :

Khối lượng hidro : khối lượng oxi = 1 : 8.

– *Ứng dụng* : Mỗi hợp chất được đặc trưng bằng một công thức hoá học.

– *Nhận xét* : Định luật thành phần không đổi chỉ hoàn toàn đúng đối với các chất khí và chất lỏng khối lượng phân tử thấp. Đối với các chất rắn, do những khuyết tật của mạng tinh thể, thành phần của hợp chất thường không ứng đúng với công thức hoá học. Ví dụ, sắt sunfua điều chế bằng các phương pháp khác nhau có thành phần  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , với x dao động từ 0 đến 0,005 ; trong titan oxit điều chế bằng các phương pháp khác nhau, tỉ lệ O : Ti dao động từ 0,58 đến 1,33. Điều tương tự cũng xảy ra đối với các polime. Các phân tử của 1 polime có thể chứa số monome khác nhau. Ví dụ : polietilen  $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$  có  $n = 10^3 \div 10^6$ .

### 1.1.3. Định luật tỉ lệ bội

– *Định luật* : Nếu hai nguyên tố tạo thành với nhau một số hợp chất hoá học thì những phần khối lượng của nguyên tố này kết hợp với cùng một khối lượng của nguyên tố kia sẽ tỉ lệ với nhau như tỉ lệ của các số nguyên đơn giản.

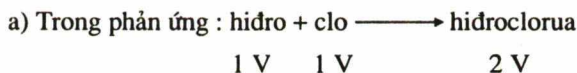
– Ví dụ : Nitơ và oxi tạo thành với nhau các oxit :  $N_2O$  ;  $NO$  ;  $N_2O_3$  ;  $NO_2$  ;  $N_2O_5$ . Các khối lượng của oxi kết hợp với cùng một khối lượng của nitơ, ví dụ 7 g, sẽ là :

$N_2O$	$NO$	$N_2O_3$	$NO_2$	$N_2O_5$
4 g	8 g	12 g	16 g	20 g
$4 : 8 : 12 : 16 : 20 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5$				
tỉ lệ của các số nguyên đơn giản.				

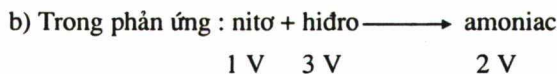
#### 1.1.4. Định luật tỉ lệ thể tích

– *Định luật* : Ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất, thể tích của các khí phản ứng với nhau, cũng như thể tích của các khí tạo thành trong phản ứng, tỉ lệ với nhau như tỉ lệ của các số nguyên đơn giản.

– Ví dụ :



$$V_{H_2} : V_{Cl_2} : V_{HCl} = 1 : 1 : 2$$

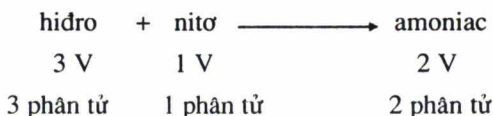


$$V_{N_2} : V_{H_2} : V_{NH_3} = 1 : 3 : 2$$

#### 1.1.5. Định luật Avogadro (Avôgadrô)

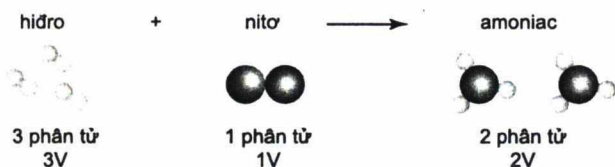
– Để giải thích định luật tỉ lệ thể tích Gay – Lussac, Avogadro đã đưa ra một giả thuyết, sau này trở thành định luật, là : Ở cùng một điều kiện nhiệt độ và áp suất, những thể tích bằng nhau của các khí đều chứa cùng một số phân tử.

– *Áp dụng để giải thích*, ví dụ, phản ứng giữa nitơ và hidro (b). Vì ở cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất các thể tích bằng nhau của các khí chứa cùng một số phân tử, cho nên tỉ lệ thể tích của các chất khí cũng chính là tỉ lệ phân tử :





Nếu giả thiết rằng các phân tử hidro và nitơ (các đơn chất khí) là những phân tử lưỡng nguyên tử, còn phân tử amoniac được tạo thành do sự kết hợp 1 nguyên tử nitơ và 3 nguyên tử hidro, ta có :



Định luật Gay – Lussac được giải thích một cách thoả đáng.

– Hệ quả : Từ định luật Avogadro suy ra :

+ Phân tử của hầu hết các đơn chất khí đều chứa 2 nguyên tử, trừ ozon ( $O_3$ ) và các khí hiếm (đơn nguyên tử).

+ Thể tích mol của các khí ở điều kiện tiêu chuẩn

( $P_0 = 101325 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} = 1 \text{ atm}$  ;  $T_0 = 273\text{K}$ ) là

$$V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

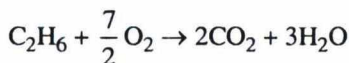
+ Số phân tử chứa trong 1 mol chất được gọi là số Avogadro

$$N = 6,023 \cdot 10^{23}$$

+ Tính thể tích của các khí tham gia phản ứng và các sản phẩm khí tạo thành sau phản ứng theo quy tắc tam suất.

Ví dụ : Tính thể tích không khí cần để đốt cháy hoàn toàn 10 lít etan, biết rằng không khí chứa 20 phần trăm oxi về thể tích. Thể tích các khí được đo ở cùng T và P.

Giải : Phương trình phản ứng đốt cháy etan :



$$1 \text{ V} \quad \frac{7}{2} \text{ V}$$

$$10 \text{ lít} \quad x \text{ lít ?}$$

$$x = \frac{10 \text{ lít} \times \frac{7}{2} \text{ V}}{1 \text{ V}} = 35 \text{ lít}$$

Thể tích không khí  $V_{kk} = 35 \cdot 100 : 20 = 175 \text{ lít}$ .

## 1.2. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KHÍ

### 1.2.1. Phương trình trạng thái của khí lí tưởng

Những nghiên cứu về tính chất của các chất khí cho thấy rằng ở nhiệt độ không quá thấp và áp suất không quá cao (so với nhiệt độ và áp suất thường), phần lớn các khí tuân theo một hệ thức gọi là *phương trình trạng thái của khí lí tưởng* :

$$PV = nRT$$

với P : áp suất của khí,

V : thể tích của khí,

n : số mol khí,

T : nhiệt độ tuyệt đối,

R : hằng số, gọi là *hằng số khí*.

Các khí có tính chất thoả mãn phương trình này được gọi là *khí lí tưởng* (thể tích thực của phân tử bằng không, giữa các phân tử không có tương tác).

*Nhận xét :*

– Từ  $PV = nRT$ , với n mol khí xác định :

a) Khi  $T = \text{const}$  thì  $PV = \text{const}$ . Đó là nội dung của định luật Boyle (Bôilơ)

b) Khi  $P = \text{const}$  thì  $\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = \text{const}$ , hay  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ .

Đó là nội dung của định luật Charles (Saclơ).

c) Khi  $V = \text{const}$  thì  $\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{const}$ , hay  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ .

Đó là nội dung của định luật Gay – Lussac.

Như vậy các định luật Boyle (Bôilơ), Charles và Gay – Lussac là những trường hợp riêng của một định luật chung được biểu diễn bằng phương trình trạng thái của khí lí tưởng.

– Khi  $n = 1$ ,  $PV = RT$  hay  $\frac{PV}{T} = R = \text{const}$ . Để tính giá trị của hằng số khí R người ta có thể lấy các giá trị P, V, T tương ứng ở một điều kiện nào đó. Thường người ta lấy các giá trị ở điều kiện tiêu chuẩn.

$P_0 = 101325 \text{ Pa}$  ;  $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  ; khi đó :

$$R = \frac{101325 \text{ N/m}^2 \times 22,4141 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{273,15 \text{ K}} = 8,314 \text{ J/mol.K}$$