

# ÁP DỤNG ĐỊNH LUẬT TÁC DỤNG ĐƯƠNG LƯỢNG TÌM MỐI QUAN HỆ VỀ SỐ MOL CỦA CÁC CHẤT THAM GIA PHẢN ỨNG HÓA HỌC

**ThS. NGÔ VÕ THẠNH**  
*Trường CĐSP Gia Lai*

**Tóm tắt:** Bài viết này giúp người dạy và người học tìm mối quan hệ của các chất trong phản ứng không dựa vào hệ số tỷ lệ của phương trình phản ứng hóa học mà dựa vào quy tắc **“tích số mol và hóa trị của các chất tham gia phản ứng là bằng nhau”** nhằm giảm tải cho chương trình hóa học phổ thông, đồng thời nâng cao tư duy cho người học. Quy tắc này được xây dựng trên cơ sở: định luật tác dụng đương lượng, hóa trị của các nguyên tố, nguyên tử, nhóm nguyên tử và lượng chất (mol).

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tình hình thực tế hiện nay, việc dạy học, kiểm tra đánh giá trong nhà trường phổ thông và kỳ thi trung học phổ thông quốc gia của môn hóa học yêu cầu cho người dạy và người học phải giải nhanh các bài toán hóa học. Các phương pháp tính được giới thiệu trong sách giáo khoa và sách giáo viên trong chương trình hóa học ở bậc phổ thông hiện nay đều dựa vào phương trình phản ứng hóa học để xác định mối quan hệ về số mol của các chất trong phản ứng. Việc giải bài toán theo định luật hợp thức (*phương pháp truyền thống vẫn được dạy trong nhà trường phổ thông*) đòi hỏi cần phải cân bằng phản ứng và nhiều trường hợp cần tìm tọa độ cực đại của phản ứng. Đây là việc làm gây tốn nhiều thời gian.

Để tìm mối quan hệ về lượng chất của các chất trong phản ứng mà không dùng hệ số tỷ lệ của phương trình hóa học, ta cần áp dụng nội dung định luật tác dụng đương lượng vào việc dạy và học một cách hợp lý trong chương trình hóa học phổ thông trên cơ sở học sinh đã biết các khái niệm hóa trị và mol chất.

## II. NỘI DUNG

### 1. Đương lượng

Đương lượng hay Equivalent (Eq hay eq) là đơn vị đo lường thường dùng trong hoá học và sinh học. Nó đo lường khả năng một chất kết hợp với các chất khác. Nó thường được dùng khi nói về nồng độ chuẩn.

Đương lượng của 1 nguyên tố là số phần khối lượng của nguyên tố đó kết hợp với 1,008 phần khối lượng của Hidro hoặc 8 phần khối lượng của Oxi hoặc thay thế những lượng đó trong hợp chất.

Ví dụ: đương lượng của H là 1,008, của O là 8,0, của C là 3,0, của N là 4,6, của Al là 9,0, của Na là 23,0...

Đương lượng được định nghĩa chính thức là khối lượng tính bằng gam của một chất sẽ phản ứng với  $6,022 \cdot 10^{23}$  electron. (*Đây là số Avogadro, nghĩa là số hạt trong một mol chất*).

Thực nghiệm cho thấy rằng khối lượng nguyên tử của nguyên tố luôn luôn là một số nguyên lần của đương lượng của nguyên tố đó. Số nguyên đó cũng chính là hóa trị của nguyên tố. Vì vậy khối lượng đương lượng của một chất cho trước về thực tế bằng với lượng chất tính theo mol chia cho hoá trị của chất đó.

Đương lượng có ưu điểm so với các phép đo nồng độ khác (như mol) trong phân tích định lượng phân ứng. *Đặc điểm nổi trội của việc dùng đương lượng là không cần nghiên cứu nhiều về bản chất của phản ứng, nghĩa là không cần phân tích và cân bằng phương trình hoá học.*

## 2. Quy tắc tính đương lượng của một số chất trong phản ứng trao đổi

*Đương lượng của 1 hợp chất là số phần khối lượng của hợp chất đó phản ứng không thừa không thiếu với 1 đương lượng của hợp chất khác.*

Đương lượng của một oxit kim loại bằng khối lượng phân tử của oxit đó chia cho tổng hóa trị của kim loại trong oxit đó.

Ví dụ: Đương lượng của  $\text{Al}_2\text{O}_3$  là:  $E_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 102:(3*2) = 17$

Đương lượng của một axit bằng khối lượng phân tử của axit đó chia cho số nguyên tử H được thay thế trong phân tử axit.

Ví dụ: Đương lượng của  $\text{H}_2\text{SO}_4$  khi 2 nguyên tử H được thay thế là  $98:2=49$  và khi 1 nguyên tử H được thay thế là 98.

Đương lượng của một bazơ bằng khối lượng phân tử của bazơ chia cho hóa trị của nguyên tử kim loại trong phân tử.

Ví dụ: Đương lượng của NaOH là  $40:1 = 40$ .

Đương lượng của một muối bằng khối lượng phân tử của muối chia cho tổng hóa trị của các nguyên tử kim loại trong phân tử.

Ví dụ: Đương lượng của  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  là  $342:(3*2) = 57$ .

Trong tính toán hóa học người ta rất hay dùng đại lượng đương lượng gam giống như đại lượng nguyên tử gam và phân tử gam mà ngày nay được thay bằng mol.

Đương lượng gam của một đơn chất hay hợp chất là lượng chất đó được tính bằng gam và có giá trị bằng đương lượng của nó.

Ví dụ: Đương lượng gam của hydro là 1,008. Đương lượng gam của  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  là 51,7.

## 3. Định luật tác dụng đương lượng

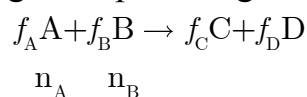
Trong phản ứng hóa học "*các nguyên tố kết hợp với nhau hoặc thay thế nhau theo các khối lượng tỉ lệ với đương lượng của chúng*". Đó là định luật đương lượng do nhà vật lý và hóa học người Anh John Dalton (1766-1844) đề ra năm 1792. Định luật này cho phép tính 1 cách đơn giản đương lượng của 1 nguyên tố khi biết đương lượng của nguyên tố khác tác dụng với nó.

Đương lượng các chất tham gia phản ứng là bằng nhau để sinh ra cùng một đương lượng sản phẩm.

## 4. Tính theo định luật hợp thức và định luật tác dụng đương lượng của phản ứng trao đổi

### 4.1. Tính theo định luật hợp thức

Cho phản ứng  $A + B \rightarrow C + D$  với các hệ số hợp thức tương ứng  $f_i$ . Ta có phương trình phản ứng:



Tọa độ cực đại của phản ứng là:  $q_{max} = \left(\frac{n_i}{f_i}\right)_{min}$

Từ đó suy ra  $n_A = q_{\max} \cdot f_A$ ,  $n_B = q_{\max} \cdot f_B$ .

#### 4.2. Tính theo định luật tác dụng đương lượng

Cho phản ứng  $A + B \rightarrow C + D$  với hóa trị của các chất tương ứng là  $k_i$ .

Ta có đương lượng của các chất trong phản ứng là  $E_i = \frac{M_i}{k_i}$

$$\text{Suy ra } E_A = \frac{M_A}{k_A}; \quad E_B = \frac{M_B}{k_B}.$$

Số đương lượng gam của các chất tham gia phản ứng với nhau là

$$n_{E_i} = \frac{m_i}{E_i} = \frac{m_i}{\frac{M_i}{k_i}} = \frac{m_i}{M_i} \cdot k_i = n_i \cdot k_i$$

$$\text{Suy ra } n_{E_A} = \frac{m_A}{E_A} = \frac{m_A}{\frac{M_A}{k_A}} = \frac{m_A}{M_A} \cdot k_A = n_A \cdot k_A;$$

Và tọa độ cực đại phản của ứng  $q_{\max} = n_{E_i, \min}$

Theo định luật tác dụng đương lượng, ta có lượng chất tham gia phản ứng

$$n_{E_A(pu)} = n_{E_B(pu)} \rightarrow n_{A(pu)} \cdot k_A = n_{B(pu)} \cdot k_B.$$

Vậy, ta có thể áp dụng quy tắc đương lượng cho việc tìm mối quan hệ giữa các chất tham gia trong phản ứng trao đổi: “*tích số mol và hóa trị của các chất tham gia phản ứng là bằng nhau*”.

Khi áp dụng quy tắc “*tích số mol và hóa trị của các chất tham gia phản ứng là bằng nhau*” vào các bài toán đơn giản chỉ có hai chất phản ứng với nhau hay hỗn hợp nhiều chất cùng loại phản ứng với nhau, các bài toán phức tạp nhiều phản ứng không theo thứ tự ưu tiên, học sinh trung học cơ sở thường phải giải theo phương pháp ghép ẩn số thành bài toán đơn giản.

### 5. Giải một số bài toán bằng quy tắc “tích số mol và hóa trị của các chất tham gia phản ứng bằng nhau”

#### 5.1. Bài toán $CO_2$ phản ứng với dung dịch kiềm

##### 5.1.1. Cho $CO_2$ phản ứng với dung dịch kiềm có hóa trị (I) MOH

- Khi  $CO_2$  phản ứng với dung dịch kiềm tương đương với  $H_2CO_3$  phản ứng với dung dịch kiềm.

+ Nếu sản phẩm tạo  $-HCO_3$  thì  $CO_2$  đã có hóa trị I.

+ Nếu sản phẩm tạo  $=CO_3$  thì  $CO_2$  đã có hóa trị II.

- Tìm sản phẩm bằng cách so sánh tích hóa trị và số mol:

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 > n_{MOH} \cdot 1$  thì  $CO_2$  dư chỉ tạo một muối là  $MHCO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 = n_{MOH} \cdot 1$  thì  $CO_2$  và MOH vừa đủ tạo một muối là  $MHCO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 < n_{MOH} \cdot 1$  thì MOH dư chỉ tạo một muối là  $M_2CO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 = n_{MOH} \cdot 1$  thì MOH và  $CO_2$  vừa đủ tạo một muối là  $M_2CO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 < n_{MOH} \cdot 1 < n_{CO_2} \cdot 2$  thì tạo hỗn hợp muối  $MHCO_3$  và  $M_2CO_3$ .

Lúc này ta có phương trình tích hóa trị và số mol của các chất tham gia phản ứng

$$n_{MHCO_3} \cdot 1 + n_{M_2CO_3} \cdot 2 = n_{MOH} \cdot 1.$$

### 5.1.2. Cho $CO_2$ phản ứng với dung dịch kiềm có hóa trị (II) $M(OH)_2$

- Tìm sản phẩm bằng cách so sánh tích hóa trị và số mol:

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 > n_{M(OH)_2} \cdot 2$  thì  $CO_2$  dư chỉ tạo một muối là  $M(HCO_3)_2$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 = n_{M(OH)_2} \cdot 2$  thì  $CO_2$  và  $M(OH)_2$  vừa đủ tạo một muối là  $M(HCO_3)_2$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 < n_{M(OH)_2} \cdot 2$  thì  $M(OH)_2$  dư chỉ tạo một muối là  $MCO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 = n_{M(OH)_2} \cdot 2$  thì  $M(OH)_2$  và  $CO_2$  vừa đủ tạo một muối là  $MCO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 < n_{M(OH)_2} \cdot 2 < n_{CO_2} \cdot 2$  thì tạo hỗn hợp muối  $M(HCO_3)_2$  và  $MCO_3$ .

Lúc này ta có phương trình tích hóa trị và số mol của các chất tham gia phản ứng

$$n_{M(HCO_3)_2} \cdot 2 \cdot 1 + n_{MCO_3} \cdot 2 = n_{M(OH)_2} \cdot 2.$$

### 5.1.3. Cho $CO_2$ phản ứng với dung dịch hỗn hợp kiềm có hóa trị (I) $MOH$ và hóa trị (II) $M'(OH)_2$

- Tìm sản phẩm bằng cách so sánh tích hóa trị và số mol:

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 > n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2$  thì  $CO_2$  dư chỉ tạo muối  $MHCO_3$  và  $M'(HCO_3)_2$

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 = n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2$  thì  $CO_2$  và  $MOH$ ,  $M'(OH)_2$  vừa đủ tạo muối  $MHCO_3$  và  $M'(HCO_3)_2$

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 < n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2$  thì kiềm dư và muối tạo thành là  $=CO_3$ ; cần chú ý ưu tiên cho muối  $M'CO_3$  kết tủa trước nên trong dung dịch phải có chứa  $MOH$  dư.

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 2 = n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2$  thì  $MOH$ ,  $M'(OH)_2$  và  $CO_2$  vừa đủ tạo một muối là  $M_2CO_3$  và  $M'CO_3$ .

+ Nếu  $n_{CO_2} \cdot 1 < n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2 < n_{CO_2} \cdot 2$  thì tạo hỗn hợp muối  $-HCO_3$  và  $=CO_3$ .

- Lúc này ta có phương trình tích hóa trị và số mol của các chất tham gia phản ứng

$$n_{-HCO_3} \cdot 1 + n_{=CO_3} \cdot 2 = n_{MOH} \cdot 1 + n_{M'(OH)_2} \cdot 2$$

- Phương trình bảo toàn nguyên tử C:  $n_{-HCO_3} \cdot 1 + n_{=CO_3} \cdot 1 = n_{CO_2} \cdot 1$

Việc giải bài toán tìm kết tủa khi cho  $CO_2$  phản ứng với dung dịch hỗn hợp kiềm hóa trị (I) và hóa trị (II) của học sinh lớp 9 trở thành đơn giản hơn rất nhiều khi phải tính theo quy tắc hợp thức.

Ví dụ: Tính khối lượng kết tủa thu được khi hấp thụ hoàn toàn 0,2 mol khí  $CO_2$  vào dung dịch hỗn hợp chứa 0,15 mol  $NaOH$  và 0,1 mol  $Ba(OH)_2$ .

- Ta có  $n_{CO_2} \cdot 1 = 0,2 < n_{NaOH} \cdot 1 + n_{Ba(OH)_2} \cdot 2 = 0,35 < n_{CO_2} \cdot 2 = 0,4$  nên sau phản ứng thu được hai muối  $-HCO_3$  và  $=CO_3$ .

- Áp dụng quy tắc tích số mol và hóa trị

$$\rightarrow n_{-HCO_3} \cdot 1 + n_{=CO_3} \cdot 2 = n_{NaOH} \cdot 1 + n_{Ba(OH)_2} \cdot 2 = 0,35$$

- Áp dụng bảo toàn nguyên tử cho C

$$\rightarrow n_{-HCO_3} \cdot 1 + n_{=CO_3} \cdot 1 = n_{CO_2} \cdot 1 = 0,2$$

- Từ hai phương trình trên, ta suy ra được  $n_{-HCO_3} = 0,05$  mol;  $n_{=CO_3} = 0,15$  mol.

## 5.2. Bài toán dung dịch hỗn hợp axit phản ứng với dung dịch hỗn hợp kiềm

Cho dung dịch hỗn hợp axit  $H_{n_i}A$  phản ứng vừa đủ hỗn hợp bazơ  $M(OH)_{m_j}$  ta có phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa tích số mol và hóa trị

$$\sum_{i=1}^n k_i \cdot n_{H_{n_i} A} = \sum_{j=1}^n k_j \cdot n_{M(OH)_{m_j}}$$

**Ví dụ 1:** Dung dịch X gồm HCl 0,1M và H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 M. Dung dịch Y gồm NaOH 0,12 M và Ba(OH)<sub>2</sub> 0,04M. Tính thể tích Y cần để trung hòa 100 ml X.

$$\text{Ta có } n_{HCl} \cdot 1 + n_{H_2SO_4} \cdot 2 = n_{NaOH} \cdot 1 + n_{Ba(OH)_2} \cdot 2$$

$$\rightarrow 0,1 \cdot (0,1 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2) = V \cdot (0,12 \cdot 1 + 0,04 \cdot 2) \rightarrow V = 0,2 \text{ lít} = 200 \text{ ml.}$$

**Ví dụ 2:** Có hai dung dịch; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (dung dịch A), và NaOH (dung dịch B). Trộn 0,2 lít A với 0,3 lít B được dung dịch C. Để trung hòa C cần dùng 100 ml dung dịch HCl 0,5M. Trộn 0,3 lít A với 0,2 lít B được dung dịch D. Để trung hòa D cần dùng 200 ml dung dịch Ba(OH)<sub>2</sub> 0,5M. Tính nồng độ mol/l của A và B.

- Dung dịch C có dư NaOH, nên lượng NaOH ban đầu phản ứng vừa đủ với H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> và HCl

$$\rightarrow n_{H_2SO_4} \cdot 2 + n_{HCl} \cdot 1 = n_{NaOH} \cdot 1$$

$$\rightarrow 0,2 \cdot 2 \cdot C_{MH_2SO_4} + 0,1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,3 \cdot 1 \cdot C_{MNaOH} \quad (1)$$

- Dung dịch D có H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dư, nên lượng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ban đầu phản ứng vừa đủ với NaOH và Ba(OH)<sub>2</sub>.

$$\rightarrow n_{H_2SO_4} \cdot 2 = n_{NaOH} \cdot 1 + n_{Ba(OH)_2} \cdot 2$$

$$\rightarrow 0,3 \cdot 2 \cdot C_{MH_2SO_4} = 0,2 \cdot 1 \cdot C_{MNaOH} + 0,2 \cdot 0,5 \cdot 2 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2)} \rightarrow C_{MH_2SO_4} = 0,7M; C_{MNaOH} = 1,1M.$$

### III. KẾT LUẬN

- Áp dụng quy tắc “*tích số mol và hóa trị của các chất tham gia phản ứng là bằng nhau*” để tính các bài toán hỗn hợp nhiều chất cùng loại phản ứng với nhau sẽ chuyển bài toán từ phức tạp nhiều phản ứng theo thứ tự ưu tiên thành bài toán đơn giản.

- Có thể đưa nội dung của định luật tác dụng đương lượng vào giảng dạy cho sinh viên sư phạm ngành hóa học và học sinh phổ thông bằng cách kết hợp với quy tắc bảo hòa hóa trị.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Cương, Ngô Ngọc An, Đỗ Tất Hiền, Lê Xuân Trọng (2013), *Bài Tập Hóa Học 8*, NXB giáo dục Việt Nam.
- [2]. Nguyễn Tinh Dung (2005), *Hóa học phân tích*, NXB Đại học Sư phạm Hà Nội.
- [3]. Lê Xuân Trọng, Nguyễn Cương, Đỗ Tất Hiền (2006), *Hóa học 8*, NXB giáo dục Việt Nam.
- [4]. Lê Xuân Trọng, Cao Thị Thặng, Nguyễn Phú Tuấn, Ngô Văn Vụ (2011), *Hóa Học 9-Sách Giáo Viên*, NXB giáo dục Việt Nam.
- [5]. Lê Xuân Trọng, Ngô Ngọc An, Ngô Văn Vụ (2014), *Bài tập Hóa học 9*, NXB giáo dục Việt Nam.