

**ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH QUẢNG NGÃI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHẠM VĂN ĐỒNG**



VÕ THỊ VIỆT DUNG

**BÀI GIẢNG
HÓA HỌC PHÂN TÍCH 1
CÂN BẰNG ION TRONG DUNG DỊCH**

Quảng Ngãi, 12/2013

**ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH QUẢNG NGÃI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHẠM VĂN ĐỒNG**



VÕ THỊ VIỆT DUNG

**BÀI GIẢNG
HÓA HỌC PHÂN TÍCH 1
CÂN BẰNG ION TRONG DUNG DỊCH**

Quảng Ngãi, 12/2013

LỜI GIỚI THIỆU

Thực hiện thông báo số: 935/TB-ĐHPVĐ của Hiệu trưởng trường Đại học Phạm Văn Đồng về Kế hoạch triển khai đưa bài giảng lên website nhằm tạo điều kiện cho sinh viên có thêm tài liệu học tập, từng bước nâng cao chất lượng đào tạo, tôi đã biên soạn và giới thiệu bài giảng **Hóa học Phân tích 1 – Cân bằng ion trong dung dịch** với thời lượng 03 tín chỉ, giảng dạy 45 tiết, dùng cho sinh viên ngành Cao đẳng Sư phạm Hóa học, trường Đại học Phạm Văn Đồng.

Bài giảng cung cấp kiến thức về một số định luật cơ bản của hóa học áp dụng cho hệ chất điện li, lý thuyết về cân bằng axit-bazơ, cân bằng tạo phức, cân bằng oxi hóa-khử, cân bằng trong dung dịch chứa hợp chất ít tan, cân bằng phân bố chất tan giữa hai pha không trộn lẫn.

Sau khi học tập và nghiên cứu nội dung bài giảng, sinh viên sẽ:

1. Nắm vững cơ sở lý thuyết về cân bằng ion để lý giải các phản ứng ion xảy ra trong dung dịch nước.

2. Mô tả đúng các cân bằng xảy ra trong dung dịch các chất điện li khác nhau. Sử dụng được các phương pháp gần đúng để đánh giá bán định lượng và định lượng chiều hướng phản ứng xảy ra trong dung dịch.

3. Vận dụng được lý thuyết cân bằng ion để giải thích các hiện tượng xảy ra trong dung dịch chất điện li. Áp dụng vào giải thích các vấn đề hóa học giúp giảng dạy tốt các nội dung về Hoá học Vô cơ, Hoá học Đại cương ở chương trình THCS.

Để học tốt nội dung bài giảng này, sinh viên cần kết hợp với giáo trình tham khảo [6], đọc kỹ các phần lý thuyết, làm cẩn thận các ví dụ đi kèm và sau mỗi phần lý thuyết vận dụng làm các bài tập tương ứng đã cho ở cuối chương. Các bài tập tự luận đều có hướng dẫn giải hoặc đáp số để sinh viên đối chiếu kết quả.

Trong quá trình biên soạn không tránh khỏi sai sót, tác giả xin chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp quý báu của các thầy cô giáo, các anh chị đồng nghiệp và các em sinh viên để bài giảng được hoàn thiện hơn.

TÁC GIẢ

CHƯƠNG 1. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA HÓA HỌC ÁP DỤNG CHO CÁC HỆ TRONG DUNG DỊCH CHẤT ĐIỆN LI

1.1. Trạng thái các chất điện li trong dung dịch

1.1.1. Chất điện li và sự điện li

Chất điện li là những chất khi tan vào nước phân li thành các ion.

Sự điện li là quá trình phân li thành các ion khi chất điện li tan vào nước hoặc nóng chảy.

1.1.2. Độ điện li và hằng số điện li

1.1.2.1. Độ điện li α

Độ điện li α là tỷ số giữa số mol n của chất đã phân li thành ion với tổng số mol n_0 của chất tan trong dung dịch.

$$\alpha = \frac{n}{n_0} = \frac{\frac{n}{V}}{\frac{n_0}{V}} = \frac{C}{C_0} \quad (1.1)$$

C : Nồng độ chất đã phân li

C_0 : Tổng nồng độ chất điện li

Ví dụ:



$$\alpha = \frac{[M^{n+}]}{C_{MX}} = \frac{[X^{n-}]}{C_{MX}}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$\alpha = 0$: chất không điện li

$\alpha = 1$: chất điện li hoàn toàn

1.1.2.2. Hằng số điện li K

$$K = \frac{[M^{n+}] \cdot [X^{n-}]}{[MX]} \quad (1.2)$$

* Liên hệ giữa K và α

$$K = \frac{(\alpha C)^2}{C - \alpha C} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$$

Vậy:
$$\boxed{\frac{K}{C} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha}} \quad (1.3)$$

Nếu $\alpha \ll 1$:
$$\alpha^2 = \frac{K}{C}$$

$$\boxed{\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}} \quad (1.4)$$

α phụ thuộc vào K: $K \uparrow \Rightarrow \alpha \uparrow$

α phụ thuộc vào C: $C \downarrow \Rightarrow \alpha \uparrow$

1.1.3. Phân loại các chất điện li

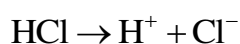
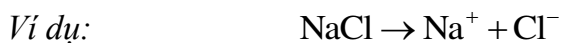
1.1.3.1. Các chất điện li không liên hợp (các chất điện li mạnh)

Là những chất phân li gần như hoàn toàn.

Các axit mạnh vô cơ, các bazơ tan, các muối tan đều là các chất điện li không liên hợp.

**Quy ước:*

Các chất điện li không liên hợp được biểu diễn bằng một mũi tên " \rightarrow " hướng từ trái (ghi công thức phân tử chất điện li) sang phải (ghi công thức các ion tương ứng).



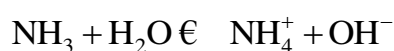
1.1.3.2. Các chất điện li liên hợp (các chất điện li yếu)

Là những chất chỉ phân li một phần.

Các axit yếu vô cơ, các axit hữu cơ, một số muối ít tan được xem là các chất điện li liên hợp.

**Quy ước:*

Các chất điện li liên hợp được biểu diễn bằng dấu thuận nghịch " \rightleftharpoons " giữa các phân tử không phân li và các ion của chất điện li.



1.2. Dự đoán định tính chiều hướng phản ứng trong dung dịch các chất điện li

1.2.1. Nguyên tắc chung

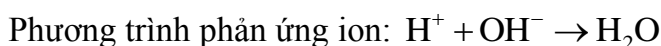
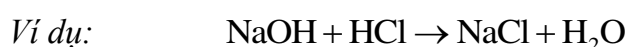
- Bản chất phản ứng giữa các chất điện li là phản ứng giữa các ion.
- Phản ứng sẽ xảy ra nếu trạng thái sau phản ứng khác với trạng thái ban đầu.

Khi các sản phẩm có thể tạo thành là chất điện li mạnh thì phản ứng không xảy ra vì các sản phẩm kết hợp ion sẽ phân li hoàn toàn trở lại các ion ban đầu.

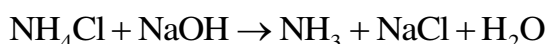
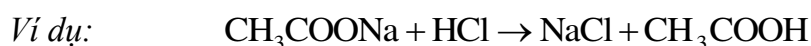
1.2.2. Các trường hợp có khả năng xảy ra phản ứng

1.2.2.1. Phản ứng tạo thành sản phẩm ít phân li

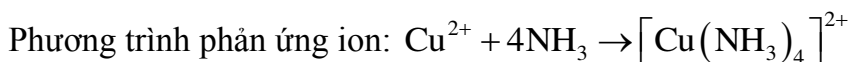
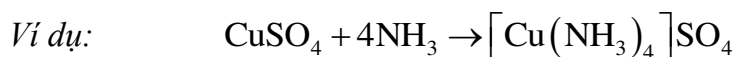
– Phản ứng tạo thành H_2O ít phân li



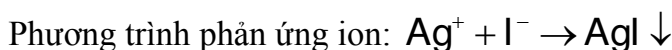
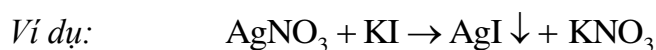
– Phản ứng tạo thành các axit yếu, bazơ yếu ít phân li



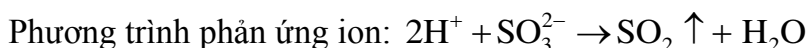
– Phản ứng tạo thành phức chất ít phân li



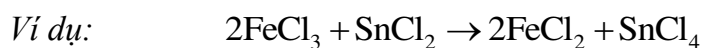
1.2.2.2. Phản ứng tạo thành các hợp chất ít tan

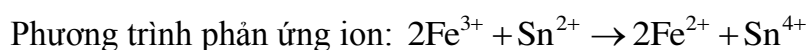


1.2.2.3. Phản ứng kèm theo sự thoát khí



1.2.2.4. Phản ứng kèm theo sự thay đổi trạng thái oxi hóa





1.3. Các định luật cơ bản của hóa học áp dụng cho các hệ trong dung dịch chất điện li

1.3.1. Định luật hợp thức (tỉ lượng)

1.3.1.1. Tọa độ phản ứng

Tọa độ phản ứng (ξ) là tỉ số giữa độ biến đổi mol Δn_i hay độ biến đổi nồng độ ΔC_i với hệ số hợp thức ν_i của cấu tử tương ứng là giống nhau đối với mọi chất phản ứng.

Xét phản ứng:	aA	+	bB	\rightarrow	cC	+	dD
Hệ số hợp thức, ν_i	a		b		c		d
Số mol ban đầu, n_i^0	n_A^0		n_B^0		n_C^0		n_D^0
Độ biến đổi số mol, Δn_i	Δn_A		Δn_B		Δn_C		Δn_D
Tọa độ phản ứng, ξ	$\frac{\Delta n_A}{a}$	=	$\frac{\Delta n_B}{b}$	=	$\frac{\Delta n_C}{c}$	=	$\frac{\Delta n_D}{d}$
Số mol sau phản ứng, n_i	$n_A^0 - \Delta n_A$		$n_B^0 - \Delta n_B$		$n_C^0 + \Delta n_C$		$n_D^0 + \Delta n_D$

Hoặc xét phản ứng:	aA	+	bB	\rightarrow	cC	+	dD
Hệ số hợp thức, ν_i	a		b		c		d
Nồng độ ban đầu, C_i^0	C_A^0		C_B^0		C_C^0		C_D^0
Độ biến đổi nồng độ, ΔC_i	ΔC_A		ΔC_B		ΔC_C		ΔC_D
Tọa độ phản ứng, x	$\frac{\Delta C_A}{a}$	=	$\frac{\Delta C_B}{b}$	=	$\frac{\Delta C_C}{c}$	=	$\frac{\Delta C_D}{d}$
Nồng độ sau phản ứng, C_i	$C_A^0 - \Delta C_A$		$C_B^0 - \Delta C_B$		$C_C^0 + \Delta C_C$		$C_D^0 + \Delta C_D$

1.3.1.2. Tọa độ cực đại

Đối với một cấu tử phản ứng, hiệu suất tham gia phản ứng đạt cực đại khi số mol hoặc nồng độ còn lại bị triệt tiêu, khi đó tọa độ của cấu tử đạt giá trị cực đại.

$$n_i \rightarrow 0 \text{ thì } \xi_i \rightarrow (\xi_i)_{\max} = \frac{-n_i^0}{\nu_i} \text{ hoặc } C_i \rightarrow 0 \text{ thì } x_i \rightarrow (x_i)_{\max} = \frac{-C_i^0}{\nu_i}$$

Tọa độ cực đại của phản ứng là giá trị bé nhất trong số các giá trị cực đại tính đối với từng chất phản ứng.

$$\xi_{\max} = \min \left\{ \frac{n_i^0}{|v_i|} \right\} \quad (1.5) \quad \text{hoặc} \quad x_{\max} = \min \left\{ \frac{C_i^0}{|v_i|} \right\} \quad (1.6)$$

1.3.1.3. Thành phần giới hạn

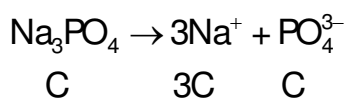
Thành phần giới hạn là thành phần của hệ sau khi phản ứng với điều kiện ban đầu đã cho. Chỉ xác định được thành phần giới hạn khi phản ứng được coi là xảy ra hoàn toàn

1.3.2. Định luật bảo toàn vật chất

1.3.2.1. Định luật bảo toàn nồng độ ban đầu

Nồng độ ban đầu của một cấu tử bằng tổng nồng độ cân bằng của các dạng tồn tại của cấu tử đó khi hệ đạt tới cân bằng.

Ví dụ: Dung dịch Na_3PO_4 có nồng độ C . Các cân bằng xảy ra trong dung dịch:



Áp dụng ĐLBTNĐBĐ ta có:

$$C = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{H}_3\text{PO}_4]$$

**Chú ý:* Cần phân biệt các khái niệm: nồng độ gốc, nồng độ ban đầu, nồng độ cân bằng.

- Nồng độ gốc (C_0): nồng độ của chất tan trong dung dịch trước khi trộn.
- Nồng độ đầu (C^0): nồng độ của chất tan trong dung dịch sau khi trộn nhưng phản ứng chưa xảy ra (nồng độ đầu khác nồng độ gốc do hiệu ứng pha loãng).
- Nồng độ ban đầu (C): nồng độ của các chất sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn nhưng hệ chưa đạt cân bằng.

- Nồng độ cân bằng ($[]$): nồng độ của cấu tử trong dung dịch khi phản ứng đã đạt trạng thái cân bằng.

1.3.2.2. Định luật bảo toàn điện tích

Các dung dịch có tính trung hòa về điện: *tổng điện tích âm của các anion bằng tổng điện tích dương của các cation.*

$$q_- = q_+ \quad (1.7)$$

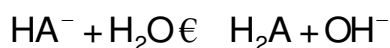
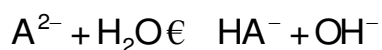
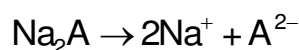
Trong đó: $q = N_A \cdot [i] \cdot V \cdot z_i \quad (1.8)$

q : tổng điện tích mỗi loại ion

z_i : số điện tích của mỗi loại ion

$[i]$: nồng độ của ion

Ví dụ: Dung dịch Na_2A



$$\text{Na}^+ = N_A \cdot [\text{Na}^+] \cdot V \cdot 1$$

$$\text{H}^+ = N_A \cdot [\text{H}^+] \cdot V \cdot 1$$

$$\text{OH}^- = N_A \cdot [\text{OH}^-] \cdot V \cdot 1$$

$$\text{HA}^- = N_A \cdot [\text{HA}^-] \cdot V \cdot 1$$

$$\text{A}^{2-} = N_A \cdot [\text{A}^{2-}] \cdot V \cdot 2$$

$$\Rightarrow [\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HA}^-] + 2[\text{A}^{2-}]$$

1.3.2.3. Định luật bảo toàn proton

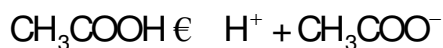
Là một dạng của định luật bảo toàn điện tích, nó áp dụng cho dung dịch axit – bazơ.

“Nồng độ proton trong dung dịch tại thời điểm cân bằng bằng tổng nồng độ proton của các chất ở trạng thái so sánh (được quy ước gọi là “mức không”) đã

nhường ra trừ đi tổng nồng độ proton của các chất ở trạng thái so sánh nhận vào để đạt tới trạng thái cân bằng”.

Ví dụ 1: Dung dịch CH_3COOH

Các quá trình xảy ra trong dung dịch:



Chọn mức không: CH_3COOH , H_2O .

Phương trình bảo toàn proton:

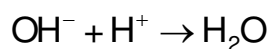
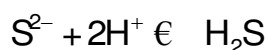
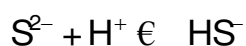
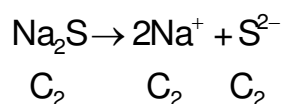
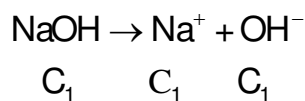
$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-]$$

Nếu chọn mức không là CH_3COOH :

$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

Ví dụ 2: Dung dịch NaOH C_1 mol/l và Na_2S C_2 mol/l.

Các quá trình xảy ra trong dung dịch:



Chọn mức không: NaOH , Na_2S , H_2O .

Phương trình bảo toàn proton: $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] - [\text{HS}^-] - 2[\text{H}_2\text{S}] - C_1$

1.3.3. Định luật tác dụng khối lượng



$$K = \frac{(\text{C})^c \cdot (\text{D})^d}{(\text{A})^a \cdot (\text{B})^b} \quad (1.9)$$