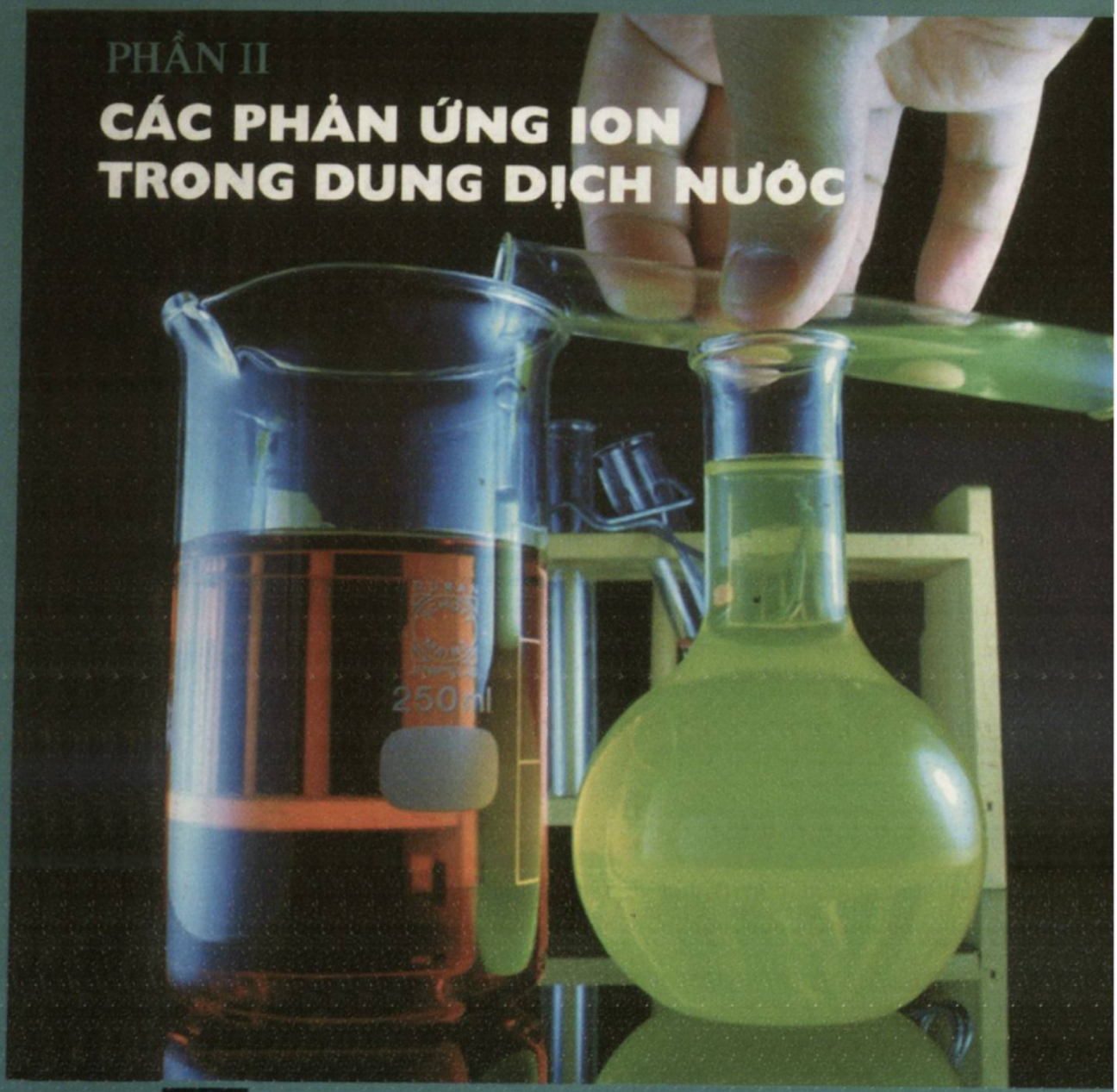
NGUYỄN TINH DUNG

HOÁ HỌC PHÂN TÍCH

PHẦN II

CÁC PHẢN ỨNG ION TRONG DUNG DỊCH NƯỚC



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

NGUYỄN TINH DUNG

HOÁ HỌC PHÂN TÍCH

PHẦN HAI

CÁC PHẢN ỨNG ION TRONG DUNG DỊCH NƯỚC

(Tái bản lần thứ sáu)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn "Hoá học phân tích – Phần II : Các phản ứng ion trong dung dịch nước" được biên soạn lần đầu tiên năm 1986 theo đúng chương trình của Bộ Giáo dục ban hành trước đây và hiện nay cũng đang được thực hiện tại các Trường Đại học Sư phạm. Về cơ bản sách cũng phù hợp với chương trình hoá học phân tích cho các Trường Cao đẳng Sư phạm vừa được Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành.

Để đáp ứng nhu cầu học tập của sinh viên, chúng tôi biên soạn lại sách trên cơ sở giữ nguyên cấu trúc như trong lần xuất bản đầu tiên, nghĩa là cung cấp những tính chất cơ bản, tổng quát về tính chất các ion (tính chất axit – bazơ, tạo phức, oxi hóa – khử, tạo thành các hợp chất ít tan) đi đôi với việc trình bày kĩ các phản ứng đặc trưng cần để phát hiện, nhận biết các ion.

Ngoài ra, chúng tôi có bổ sung thêm một số vấn đề :

1. Mô tả và giải thích chi tiết hơn nhiều phản ứng và tính chất phân tích quan trọng của các ion.

2. Bổ sung thêm nhiều bài tập ở cuối mỗi chương nhằm giúp sinh viên trong việc lập đề cương thực nghiệm, hệ thống hoá và tập vận dụng kiến thức sau khi làm thực nghiệm.

3. Bổ sung thêm phần "Hướng dẫn trả lời các câu hỏi và bài tập" nhằm giúp sinh viên kiểm tra các trả lời của mình khi làm bài tập.

Ở đây có gợi ý nhiều cách giải khác nhau cho một số loại bài tập nhằm tăng thêm các tình huống vận dụng kiến thức (mà không phải là chọn cách giải tối ưu). Chúng tôi có chú ý

bổ sung các bài tập có liên quan đến chương trình hóa học phổ thông (các bài tập về phân tích và nhận biết các chất).

4. Mặc dù trong các chương khi trình bày về tính chất các ion đã có giới thiệu các hằng số quan trọng của các phản ứng liên quan. Song, để cung cấp một cách hệ thống các số liệu phục vụ cho việc tính toán trong thực nghiệm, chúng tôi bổ sung thêm phụ lục 2 "Bảng các hằng số quan trọng" liên quan đến các cân bằng axit - bazơ, tạo phức, oxi hóa - khử và tạo các hợp chất ít tan.

Hi vọng cuốn sách này đáp ứng được phần nào tài liệu học tập cho sinh viên các Trường Đại học Sư phạm, sách tham khảo cho giáo viên, học sinh các Trường Cao đẳng Sư phạm, các trường phổ thông và sinh viên các trường đại học khác khi học về hóa học phân tích.

Trong lần xuất bản này chúng tôi đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các đồng chí trong bộ môn Hóa phân tích Khoa Hóa ĐHSP - ĐHQG Hà Nội. Đặc biệt, các giảng viên Nguyễn Kim Trâm, Nguyễn Thu Nga đã góp ý kiến và giúp đỡ rất nhiều cho việc hoàn thành bản thảo. Tác giả xin chân thành cảm ơn.

Chúng tôi rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc về nội dung của sách để trong lần tái bản sau sách phục vụ được tốt hơn.

Hà Nội, 11/1998

TÁC GIẢ

Chương 1

PHẢN ỨNG ION TRONG DUNG DỊCH NƯỚC

Hầu hết các chất vô cơ tồn tại trong dung dịch dưới dạng các chất điện li. Chúng phân li hoàn toàn hoặc một phần thành các ion. Vì vậy, phản ứng giữa các chất trong dung dịch thực chất là phản ứng giữa các ion. Để có cơ sở dự đoán phản ứng giữa các ion cần nắm vững quy tắc viết phương trình phản ứng giữa các ion và mối liên hệ giữa tính chất các nguyên tố và vị trí của chúng trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học.

§1.1. QUY TẮC VIẾT PHƯƠNG TRÌNH PHẢN ỨNG ION

Nói chung các phản ứng giữa các ion là thuận nghịch. Mức độ hoàn toàn của phản ứng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó quan trọng là hằng số cân bằng và quan hệ nồng độ của các chất tham gia phản ứng.

Muốn đánh giá chặt chẽ khả năng phản ứng của các chất cần căn cứ vào hằng số cân bằng; nồng độ ban đầu của các chất để tính toán định lượng nồng độ cân bằng của chúng. Tuy vậy, có thể dựa vào đại lượng hằng số cân bằng để dự đoán định tính chiều hướng phản ứng. Nói chung, có thể chấp nhận quy ước các phản ứng xảy ra ở mức độ đáng kể nếu hằng số cân bằng $K > 1$. Dĩ nhiên, quy ước này không thể dùng làm thước đo chặt chẽ để so sánh khả năng xảy ra của các phản ứng, vì mức độ hoàn toàn của các phản ứng không chỉ phụ

thuộc giá trị của hằng số cân bằng mà còn phụ thuộc loại phản ứng nữa. Chẳng hạn các phản ứng :

$$PbI_2\downarrow \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2I^- \qquad K_{s1} = 1,4 \,.\, 10^{-8} \qquad (1)$$

$$PbSO_4\downarrow \rightleftharpoons Pb^{2+} + SO_4^{2-} \qquad K_{s2} = 2,2 \,.\, 10^{-8} \qquad (2)$$

Mặc dù $K_{s1} \approx K_{s2}$ nhưng ngược lại độ tan của PbI_2 lại lớn hơn nhiều độ tan của $PbSO_4$.

Đối với các phản ứng phức tạp thì có thể tính hằng số cân bằng của phản ứng từ các cân bằng riêng lẻ được dùng để tổ hợp thành cân bằng tổng quát.

Để cho tiện người ta biểu diễn hằng số cân bằng qua giá trị logarit hoặc âm logarit của chúng. Ta sẽ ghi giá trị lg$K$ hoặc pK = −lg$K$ ở bên phải của mỗi cân bằng.

Chẳng hạn, $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ − 14

có nghĩa là $(H^+)(OH^-)^* = 10^{-14}$

$H^+ + F^- \rightleftharpoons HF$ 3,17

có nghĩa là $\dfrac{[HF]}{[H^+][F^-]} = K^{-1} = 10^{3,17}$

Trong trường hợp đơn giản, có thể ghi logarit các hằng số cân bằng bên cạnh công thức các chất tương ứng.

Ví dụ : AgCl (lgK_s = −10) có nghĩa là $[Ag^+]\,[Cl^-] = 10^{-10}$

$Fe(CH_3COO)_3$ (lgβ_{1-3} = 3,38 ; 6,1 ; 8,7) có nghĩa là :

$$Fe^{3+} + CH_3COO^- \rightleftharpoons FeCH_3COO^{2+} \qquad lg\beta_1 = 3,38 ;$$

$$Fe^{3+} + 2CH_3COO^- \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_2^+ \qquad lg\beta_2 = 6,1 ;$$

$$Fe^{3+} + 3CH_3COO^- \rightleftharpoons Fe(CH_3COO)_3 \qquad lg\beta_3 = 8,7.$$

---

* Dấu ( ) chỉ hoạt độ, dấu [ ] chỉ nồng độ cân bằng.

Trong sách này khi biểu diễn gần đúng định luật tác dụng khối lượng ta thay ( ) bằng [ ].

Dĩ nhiên logarit của hằng số cân bằng tổng quát bằng tổng các logarit của các hằng số cân bằng riêng lẻ được nhân với hệ số tương ứng :

$$2|\ CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \qquad 2(-4,76)$$

$$FeS\downarrow \rightleftharpoons Fe^{2+} + S^{2-} \qquad -17,2$$

$$H^+ + S^{2-} \rightleftharpoons HS^- \qquad 12,92$$

$$HS^- + H^+ \rightleftharpoons H_2S \qquad 7,05$$

$$2CH_3COOH + FeS\downarrow \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2CH_3COO^- + H_2S\uparrow \qquad -6,9$$

Như vậy, phản ứng hòa tan FeS trong CH_3COOH xảy ra với hằng số cân bằng $K = 10^{-6,9}$.

Nói chung, các phản ứng giữa các ion có thể xảy ra ở mức độ đáng kể, nếu sản phẩm phản ứng thuộc loại hợp chất ít phân li, ít tan hoặc dễ bay hơi hơn các chất ban đầu. Phản ứng cũng xảy ra được nếu tạo thành các ion có trạng thái oxi hóa khác với các chất ban đầu. Dựa vào nguyên tắc trên có thể phân loại các phản ứng ion sau đây :

I - Phản ứng axit - bazơ

Các axit và bazơ tương tác với nhau được do tạo thành sản phẩm ít phân li là H_2O, là các axit và bazơ yếu.

Các phản ứng axit - bazơ bao gồm :

1. Phản ứng giữa axit và bazơ

Ví dụ : $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

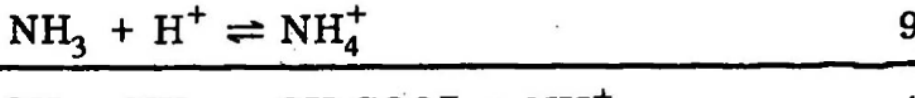
Phương trình phản ứng ion :

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O \qquad \lg(K_w^{-1}) = 14$$

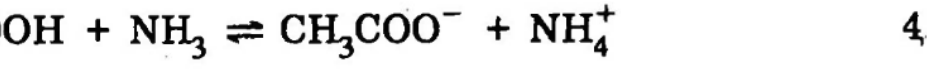
Chất ít phân li là H_2O.

$$CH_3COOH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3COONH_4$$

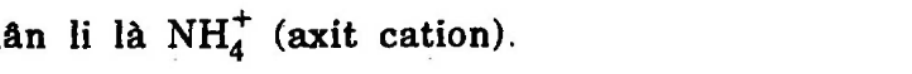
Phương trình phản ứng ion :



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \qquad -4,76$$



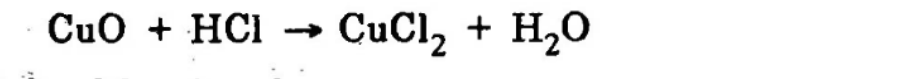
$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+ \qquad 9,24$$



$$CH_3COOH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3COO^- + NH_4^+ \qquad 4,48$$

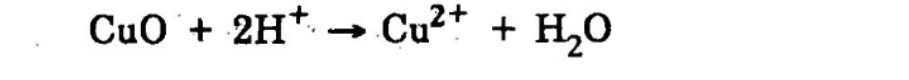
Chất ít phân li là NH_4^+ (axit cation).

2. Phản ứng giữa oxit bazơ với axit, oxit axit với bazơ kiềm

Ví dụ : 

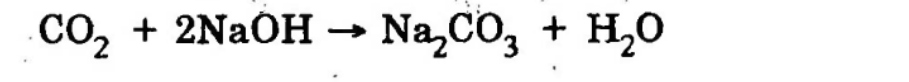
$$CuO + HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$$

Phương trình phản ứng ion :



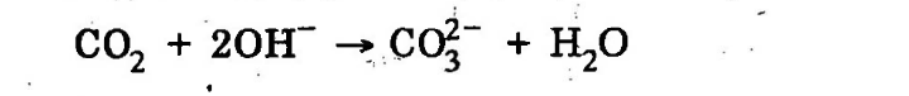
$$CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$$

Chất ít phân li là H_2O :



$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

Phương trình phản ứng ion :



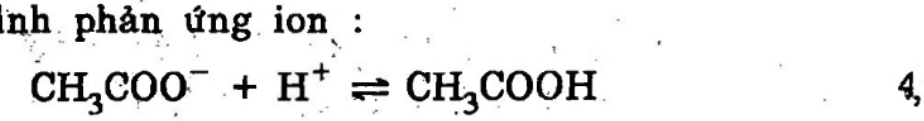
$$CO_2 + 2OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O$$

3. Phản ứng giữa muối axit yếu với axit mạnh hơn, giữa muối bazơ yếu với bazơ mạnh hơn

Ví dụ : 

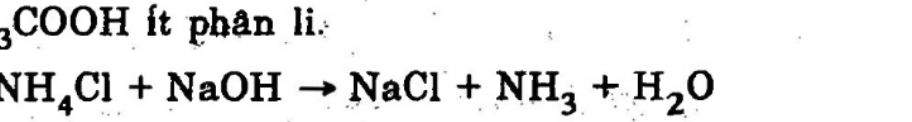
$$NaCH_3COO + HCl \rightarrow CH_3COOH + NaCl$$

Phương trình phản ứng ion :



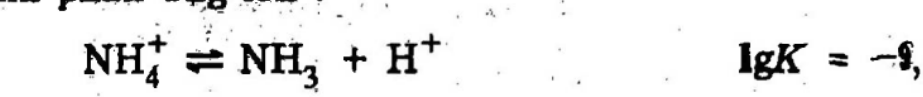
$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH \qquad 4,76$$

tạo thành CH_3COOH ít phân li.



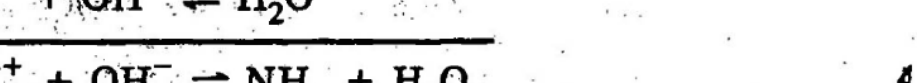
$$NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + NH_3 + H_2O$$

Phương trình phản ứng ion :



$$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+ \qquad \lg K = -9,24$$

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O \qquad 14$$



$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O \qquad 4,76$$

Chất ít phân li là H_2O.