

Chương 6

CÂN BẰNG HÓA HỌC VÀ MỨC ĐỘ DIỄN RA CỦA CÁC QUÁ TRÌNH HÓA HỌC

cuu duong than cong . com

6.1. Khái niệm về cân bằng hóa học

Phản ứng một chiều và thuận nghịch:



Phản ứng (6.1) xảy ra cho đến khi toàn bộ KClO_3 bị phân hủy hết --> là phản ứng một chiều.

Trong phản ứng (6.2), khi một lượng HI nhất định được tạo thành thì HI sẽ bị phân ly thành H_2 và I_2 --> không bao giờ phản ứng hết chất đầu --> phản ứng thuận nghịch.

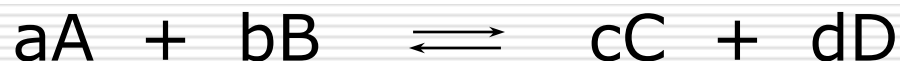
Trạng thái cân bằng hóa học: khi tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch → tỷ lệ lượng chất giữa các chất phản ứng với sản phẩm phản ứng không thay đổi.

Đặc trưng của trạng thái cân bằng hóa học:

- Không thay đổi theo thời gian.
- Khi các điều kiện ban đầu được tái lập thì trạng thái ban đầu cũng được tái lập.
- Dù đi từ phía nào thì trạng thái này chỉ là một.

6.2. Hằng số cân bằng hóa học và mức độ diễn ra của các quá trình hóa học

6.2.1. Hằng số cân bằng hóa học



Nếu các chất phản ứng ở trạng thái khí:

$$K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} = \text{const}$$

Nếu các chất phản ứng ở trong dung dịch:

$$K_c = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b} = \text{const}$$

-
- Hằng số cân bằng là đại lượng không đổi ở một nhiệt độ nhất định, nó chỉ phụ thuộc vào bản chất phản ứng và nhiệt độ chứ không phụ thuộc vào nồng độ và áp suất riêng phần của các chất tham gia vào phản ứng.

- Hằng số cân bằng cho biết phản ứng đã cho diễn ra với mức độ như thế nào → Hằng số cân bằng càng lớn thì mức độ diễn ra của phản ứng càng sâu, và ngược lại.

Định luật tác dụng khối lượng: khi một hệ đồng thể đạt đến trạng thái cân bằng thì tích số nồng độ của các sản phẩm phản ứng chia cho tích số nồng độ các chất phản ứng luôn luôn là hằng số ở một nhiệt độ không đổi.

Cho phản ứng $A(\text{dd}) + B(\text{dd}) \leftrightarrow C(\text{dd}) + D(\text{dd})$. Nồng độ ban đầu của mỗi chất A, B, C, D là 1,5 mol/l. Sau khi cân bằng được thiết lập, nồng độ của C là 2 mol/l. Hằng số cân bằng K_C của hệ này là:

a. 1,5

b. 2,0

c. 0,25

d. 4

Cho một phản ứng thuận nghịch trong dung dịch lỏng $A + B \leftrightarrow C + D$. Hằng số cân bằng K_c ở điều kiện cho trước bằng 200. Một hỗn hợp có nồng độ $C_A = C_B = 10^{-3}M$; $C_C = C_D = 0,01M$. Trạng thái của hệ ở điều kiện này như sau:

- a. Hệ đang dịch chuyển theo chiều thuận.
- b. Hệ đang dịch chuyển theo chiều nghịch.
- c. Hệ nằm ở trạng thái cân bằng.
- d. Không thể dự đoán được.

* **Mối liên quan giữa các hằng số cân bằng:**

- Giữa K_p và K_c : $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$
- Giữa các phản ứng nối tiếp nhau: ở cùng nhiệt độ, hằng số cân bằng của phản ứng tổng cộng bằng tích các hằng số cân bằng của các phản ứng nối tiếp.
- Giữa những phản ứng có chất tham gia phản ứng giống nhau: giá trị hằng số cân bằng phụ thuộc vào cách viết phản ứng.

8.2.2. Hằng số cân bằng hóa học và độ biến đổi thể đẳng áp của quá trình hóa học

$$\Delta G_T = \Delta G_T^0 + RT \ln \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

$$\Delta G_T = \Delta G_T^0 + RT \ln \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b}$$

Ở trạng thái cân bằng: $\Delta G_T = 0 \rightarrow \Delta G_T^0 = -RT \ln K_p$
 $\Delta G_T^0 = -RT \ln K_c$

6.3. Sự chuyển dịch cân bằng hóa học và nguyên lý Le Chatelier

Nguyên lý Le Chatelier: Khi tác dụng từ ngoài vào hệ cân bằng thì vị trí cân bằng của hệ sẽ dịch chuyển về phía làm giảm hiệu quả tác dụng đó.

- Khi tăng nồng độ các chất phản ứng, cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều thuận, và ngược lại.
- Khi tăng áp suất của hệ thì cân bằng dịch chuyển về phía giảm áp suất; và ngược lại.
- Khi tăng nhiệt độ thì cân bằng chuyển dịch theo chiều thu nhiệt; và ngược lại.

Cho phản ứng: $\text{N}_2(\text{k}) + \text{O}_2(\text{k}) \leftrightarrow 2\text{NO}(\text{k}), \Delta H > 0$.

Để thu được nhiều NO, ta có thể dùng các biện pháp:

- a. Tăng áp suất và giảm nhiệt độ.
- b. Tăng nhiệt độ.
- c. Tăng áp suất và tăng nhiệt độ.
- d. Giảm áp suất.

6.4. Sự điện ly và thuyết điện ly

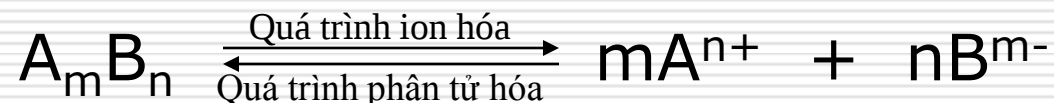
Thuyết điện ly (Arrhenius): khi hòa tan các chất tan (acid, baz, muối) vào nước, chúng phân ly thành các ion. Sự phân ly thành ion của các chất tan trong dung dịch được gọi là sự điện ly. Chất phân ly thành ion trong dung dịch được gọi là chất điện ly.



-
- Trong dung dịch, do sự điện ly, số tiểu phân thực có trong dung dịch tăng lên so với số phân tử đã hòa tan.
 - Sự điện ly → phân ly thành các ion tích điện trái dấu → khi có điện trường tác dụng lên dung dịch, các ion đóng vai trò chất chuyển điện và đi về các điện cực tương ứng → dung dịch dẫn điện.

Trong thực tế, do tương tác giữa các tiểu phân chất tan và dung môi trong dung dịch, các ion tồn tại trong dung dịch dưới dạng ion sonvat hóa (hoặc hydrat hóa nếu dung môi là nước) → dung dịch điện ly với dung môi là nước có cấu trúc gồm: cấu trúc hydrat (các phân tử nước liên kết chặt chẽ với ion); cấu trúc nước (các phân tử nước giữ nguyên cấu trúc tứ diện); và cấu trúc biến dạng (phần nằm giữa hai phần cấu trúc trên).

6.5. Độ điện ly



Để đặc trưng cho khả năng phân ly của các chất điện ly trong dung dịch, người ta dùng đại lượng độ điện ly α :

$$\alpha = n / n_0 \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

→ chất điện ly mạnh ($\alpha=1$); chất điện ly yếu ($\alpha<1$). Theo quy ước, đối với dung dịch nồng độ 0,1N: $\alpha>30\%$: chất điện ly mạnh; $\alpha<3\%$: chất điện ly yếu; $3\%<\alpha<30\%$: chất điện ly trung bình.

Độ điện ly của chất tan phụ thuộc vào bản chất dung môi, nồng độ và nhiệt độ:

- *Dung môi*: thường xảy ra yếu trong dung môi có cực yếu và mạnh trong dung môi có cực mạnh.
- *Nồng độ*: tăng khi nồng độ dung dịch giảm và ngược lại.
- *Nhiệt độ*: thường tăng khi nhiệt độ tăng.

6.6. Cân bằng trong dung dịch chất điện ly yếu và hằng số điện ly



$$K = \frac{[A^{n+}]^m [B^{m-}]^n}{[A_m B_n]}$$

cuu duong than cong . com

với: K: hằng số điện ly; $[A_m B_n]$, $[A^{n+}]$, $[B^{m-}]$: nồng độ chất điện ly và ion trong dung dịch lúc cân bằng.

cuu duong than cong . com

Mối liên hệ giữa K và α :



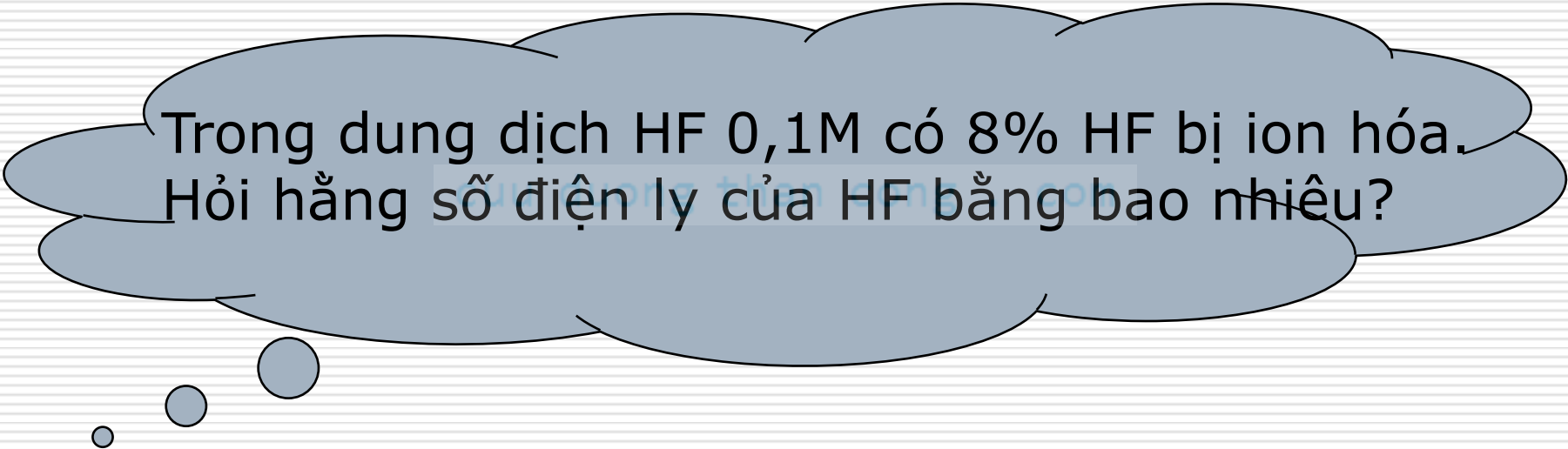
$$K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$$

Định luật pha loãng:

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

Nếu $\alpha \ll 1 \rightarrow 1 - \alpha \approx 1$:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$$



Trong dung dịch HF 0,1M có 8% HF bị ion hóa.
Hỏi hằng số điện ly của HF bằng bao nhiêu?

cuu duong than cong . com

6.7. Cân bằng trong dung dịch chất điện ly mạnh và hoạt độ

Trong dung dịch nước, các chất điện ly mạnh phân ly hoàn toàn $\rightarrow \alpha = 1$. Tuy nhiên trong thực tế, độ điện ly thực nghiệm đo được < 1 . Đó là do trong dung dịch chất điện ly mạnh, nồng độ các ion lớn $\rightarrow$ xuất hiện lực hút tương hỗ giữa các ion $\rightarrow$ hình thành bầu khí quyển ion.

Trong dung dịch chất điện ly mạnh, nồng độ của dung dịch đo được là nồng độ biểu kiến, gọi là hoạt độ, ký hiệu là a .

$$a = f \cdot C$$

Phương trình Debye – Huckel:

$$\lg f_i = \frac{-Az_i^2\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

$$I = \frac{1}{2} \sum C_i z_i^2$$

với: A: hằng số phụ thuộc bản chất dung môi và nhiệt độ; z: điện tích ion; I: lực ion.

Đối với dung dịch nước ở 25°C, khi $I \leq 0,01$:

$$\lg f_i = -0,5z_i^2\sqrt{I}$$

6.8. Sự điện ly của nước và tích số ion của nước



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K_n = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$K_n = a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{OH}^-}$$

$$\text{Ở } 22^\circ\text{C}, K_n = 10^{-14}.$$

6.9. Chỉ số hydro pH

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

- pH = 7: môi trường trung tính.
- pH < 7: môi trường acid.
- pH > 7: môi trường baz.

Tích số ion của nước có thể biểu diễn dưới dạng:

$$\text{p}K_n = -\lg K_n = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] - \lg[\text{OH}^-] = -\lg 10^{-14}$$

$$\text{p}K_n = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

pH của nước sẽ thay đổi như thế nào khi thêm 0,01 mol NaOH vào 100 lít nước?

a. Tăng 3 đơn vị

b. Tăng 4 đơn vị

c. Giảm 4 đơn vị

d. Giảm 3 đơn vị

Đối với các dung dịch nước acid và baz mạnh:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+] \text{ hoặc } \text{pH} = -\lg a_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

Dung dịch axit yếu đơn bậc HA có nồng độ C_a , độ điện ly α và hằng số điện ly K_a :

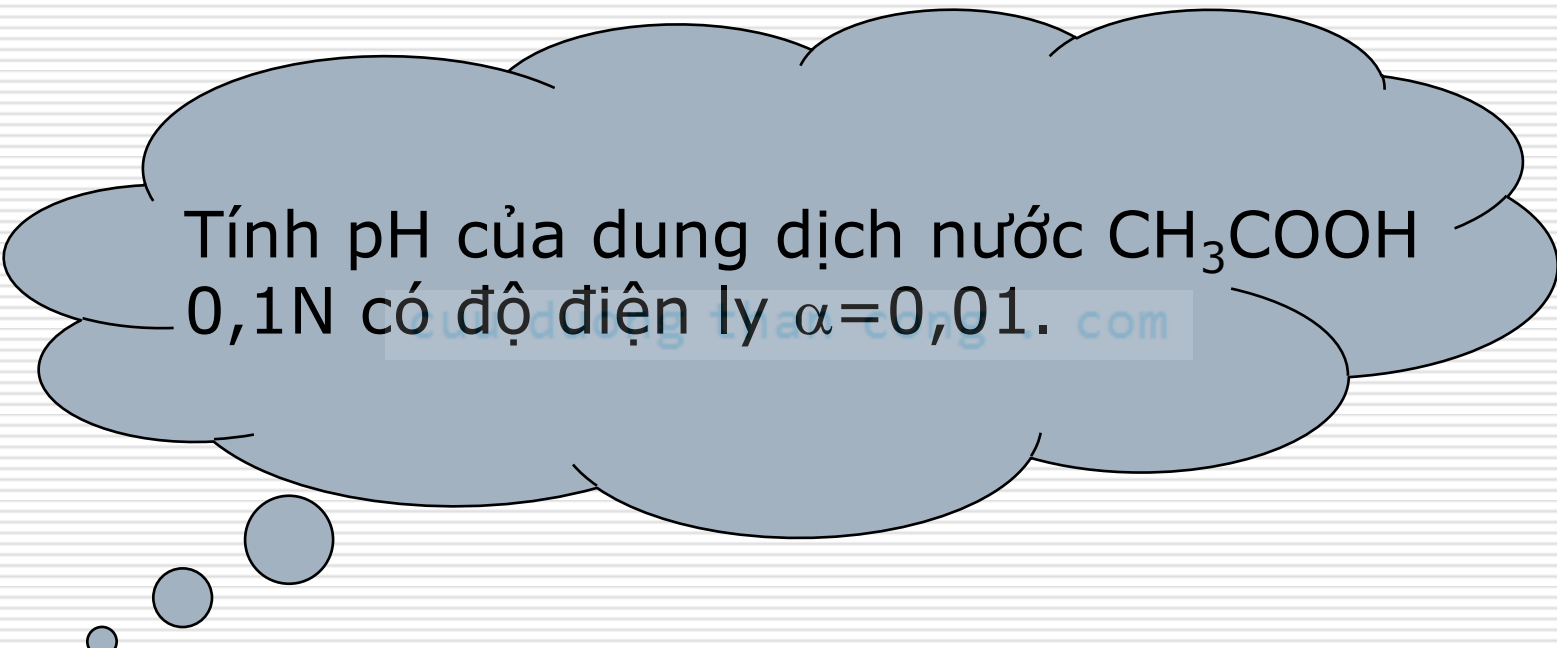
$$\text{pH} = (\text{p}K_a - \lg C_a)/2$$

Dung dịch baz yếu đơn bậc MOH có nồng độ C_b , độ điện ly α và hằng số điện ly K_b :

$$\text{pH} = 14 - (\text{p}K_b - \lg C_b)/2$$

Chọn phát biểu đúng:

1. Acid càng yếu thì pK_a càng lớn.
 2. Dung dịch một baz yếu có pH càng nhỏ khi pK_b của nó càng lớn.
 3. Baz càng mạnh khi pK_b càng lớn.
 4. Giữa pK_a và pK_b của $H_2PO_4^{2-}$ có quan hệ $pK_a + pK_b = -\lg K_n$.
- a. 1,3,4 b. 2,3 c. 1,2,4 d. 1,2



Tính pH của dung dịch nước CH_3COOH
0,1N có độ điện ly $\alpha=0,01$.

cuu duong than cong . com

6.10. Lý thuyết acid - baz

Thuyết electron (Lewis)

- Acid là chất có khả năng nhận electron; baz là chất có khả năng cho electron.

Thuyết proton (Bronsted)

- Acid là chất có khả năng nhường proton; baz là chất có khả năng nhận proton.

- Cặp acid – baz liên hợp: $K_a \cdot K_b = K_n$



acid

baz liên hợp

Các chất lưỡng tính theo thuyết proton trong các chất NH_4^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2O , HCl là:

a. HCO_3^- và CO_3^{2-} .

b. HCO_3^- và H_2O .

c. HCO_3^- , H_2O và HCl .

d. NH_4^+ và HCl .

6.11. Các chất điện ly khó tan và sự phân ly của chúng trong nước



$$K = \frac{a_{A^{n+}}^m \cdot a_{B^{m-}}^n}{a_{A_m B_n}}$$

cuu duong than cong . com

$$T_{A_m B_n} = K \cdot a_{A_m B_n} = a_{A^{n+}}^m \cdot a_{B^{m-}}^n = [A^{n+}]^m \cdot [B^{m-}]^n$$

$T_{A_m B_n}$ gọi là tích số tan, phụ thuộc vào bản chất chất tan và dung môi, nhiệt độ.

Tích số tan đặc trưng cho tính tan của chất điện ly khó tan: tại nhiệt độ nhất định, chất có tích số tan càng bé thì càng kém tan.

$$S = (m+n) \sqrt{\frac{T_{A_m B_n}}{m^m \cdot n^n}}$$

$$S = (m+n) \sqrt{\frac{T_{A_m B_n}}{m^m \cdot n^n \cdot f_{A_m B_n}^{(m+n)}}}$$

Độ tan S cũng phụ thuộc vào hệ số hoạt độ $\rightarrow$ phụ thuộc lực ion $\rightarrow$ phụ thuộc vào các ion có mặt trong dung dịch.

Cho 3 dd nước BaCl_2 , Na_2CO_3 và NaCl và nước nguyên chất. BaCO_3 tan nhiều hơn cả trong:

a. Dd BaCl_2 b. Dd NaCl c. Dd Na_2CO_3 d. H_2O

- Chất điện ly khó tan sẽ kết tủa khi tích số nồng độ các ion của nó trong dung dịch lớn hơn tích số tan của nó ở cùng nhiệt độ.
- Chất điện ly khó tan sẽ hòa tan khi tích số nồng độ các ion của nó trong dung dịch nhỏ hơn tích số tan của nó ở cùng nhiệt độ.

So sánh độ tan (S) của Ag_2CrO_4 với CuI ở cùng nhiệt độ, biết chúng là chất ít tan và có tích số tan bằng nhau.

Trộn 50 ml dung dịch $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-4}M với 50 ml dd SbF_3 $2 \cdot 10^{-4}\text{M}$. Tính tích $[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{F}^-]^2$. CaF_2 có kết tủa hay không, biết tích số tan của CaF_2 là $10^{-10,4}$.

cuu duong than cong . com

Tích số tan của Cu(OH)_2 bằng $2 \cdot 10^{-20}$. Thêm dần NaOH vào dd muối $\text{Cu(NO}_3)_2$ 0,02M cho tới khi kết tủa Cu(OH)_2 xuất hiện. Vậy, giá trị pH mà khi vượt quá nó thì kết tủa bắt đầu xuất hiện là:

a. 9

b. 4

c. 5

d. 6