CHƯƠNG 3

HẰNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA CÁC CÂN BẰNG HOÁ HỌC ĐƠN GIẢN TRONG NƯỚC

GV: Trần T Phương Thảo
ĐHBK

NỘI DUNG CHÍNH
(2LT + 2BT)

I. CÂN BẰNG TRAO ĐỔI ĐIỆN TỬ

II. CÂN BẰNG TRAO ĐỔI TIỂU PHÂN

III. ỨNG DỤNG

MỞ ĐẦU

- **Yêu cầu của PứHH: xảy ra hoàn toàn.**
- **Khái niệm "hoàn toàn" có tính chất tương đối vì đa số các pứhh đều thuận nghịch**

$$aA + bB \underset{K(2)}{\overset{K(1)}{\rightleftharpoons}} dD + eE$$

- **Mức độ "hoàn toàn" được đánh giá qua K.**
- **$K > 10^7$: pứ xảy ra hoàn toàn**

I. CÂN BẰNG TRAO ĐỔI ĐIỆN TỬ

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

2. Cân bằng trao đổi điện tử

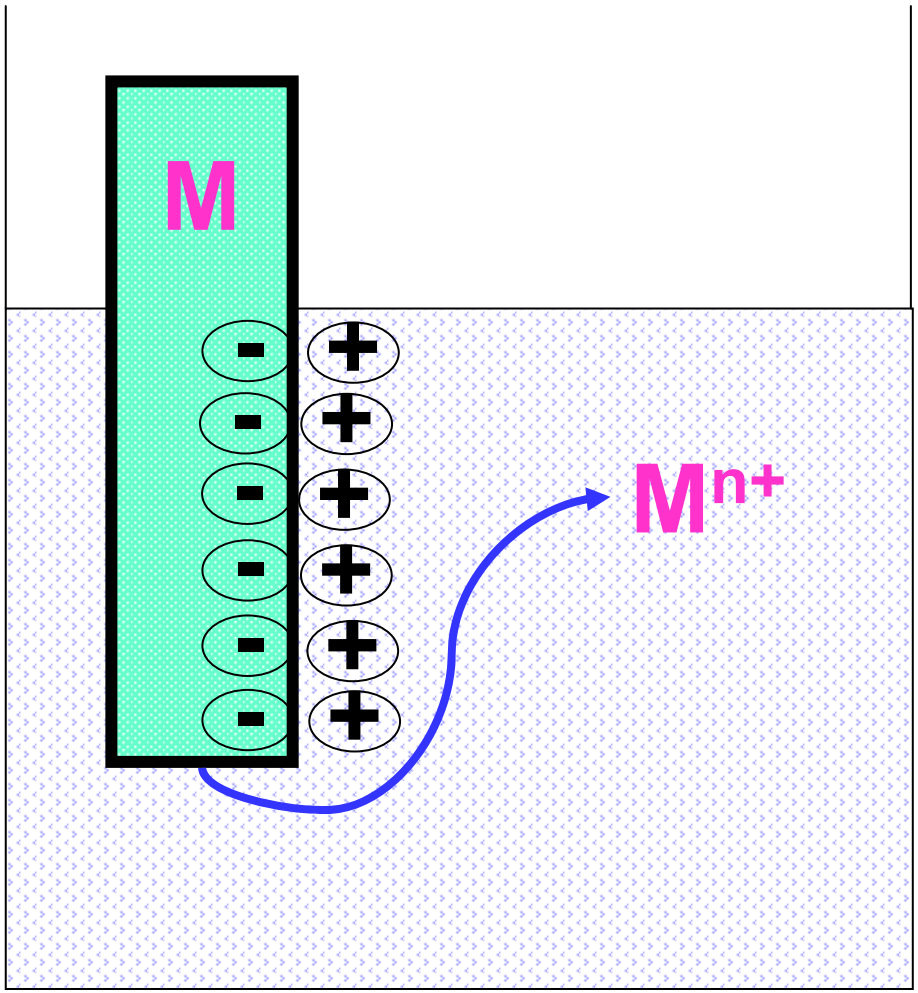
2.1. Hằng số cân bằng, dự đoán chiều phản ứng

2.2. Thế tương đương của dd chứa 2 đôi oxy hóa khử

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

ĐN: Là quá trình **cho - nhận** điện tử xảy ra giữa 2 dạng oxy hoá (ox) và khử (kh) của một đôi oxy hoá khử liên hợp(ox/kh)

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

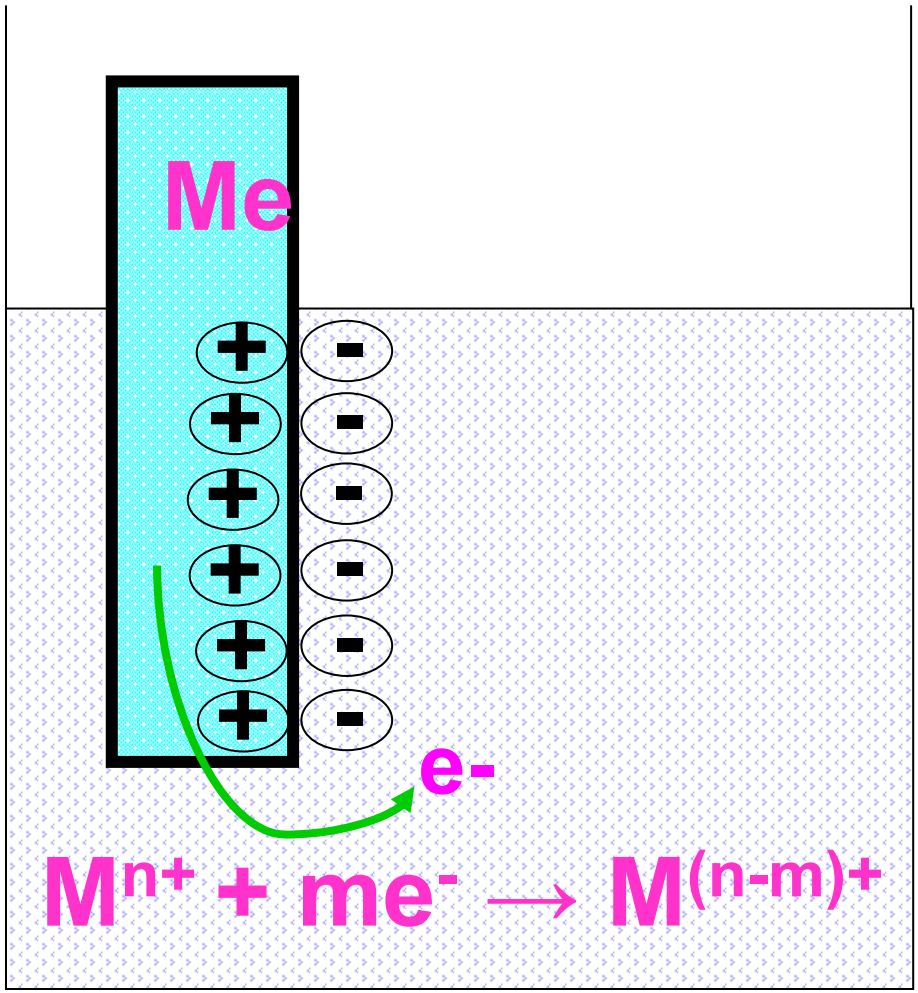


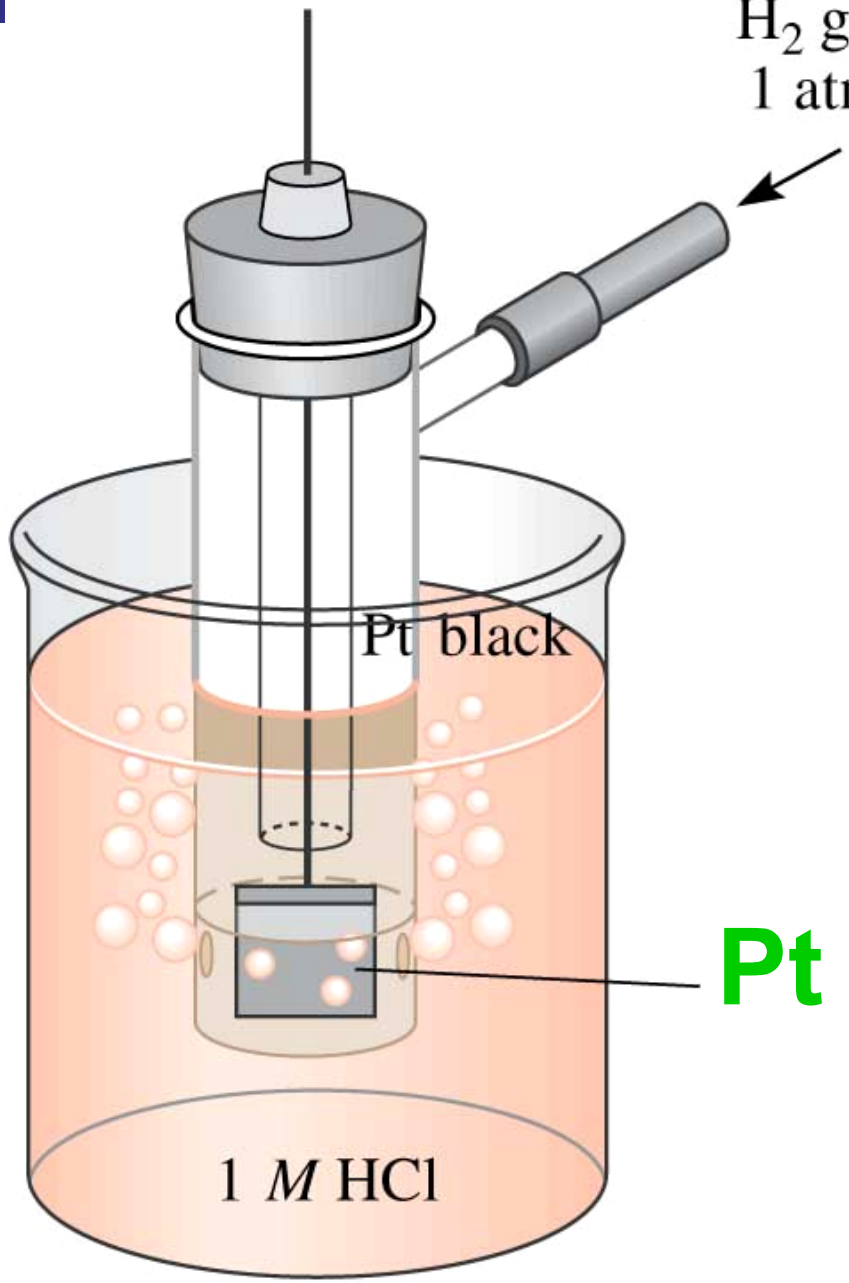
$$M - ne^- \rightarrow M^{n+} \quad (1)$$

$$M^{n+} + ne^- \rightarrow M \quad (2)$$

(1) > (2)

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử





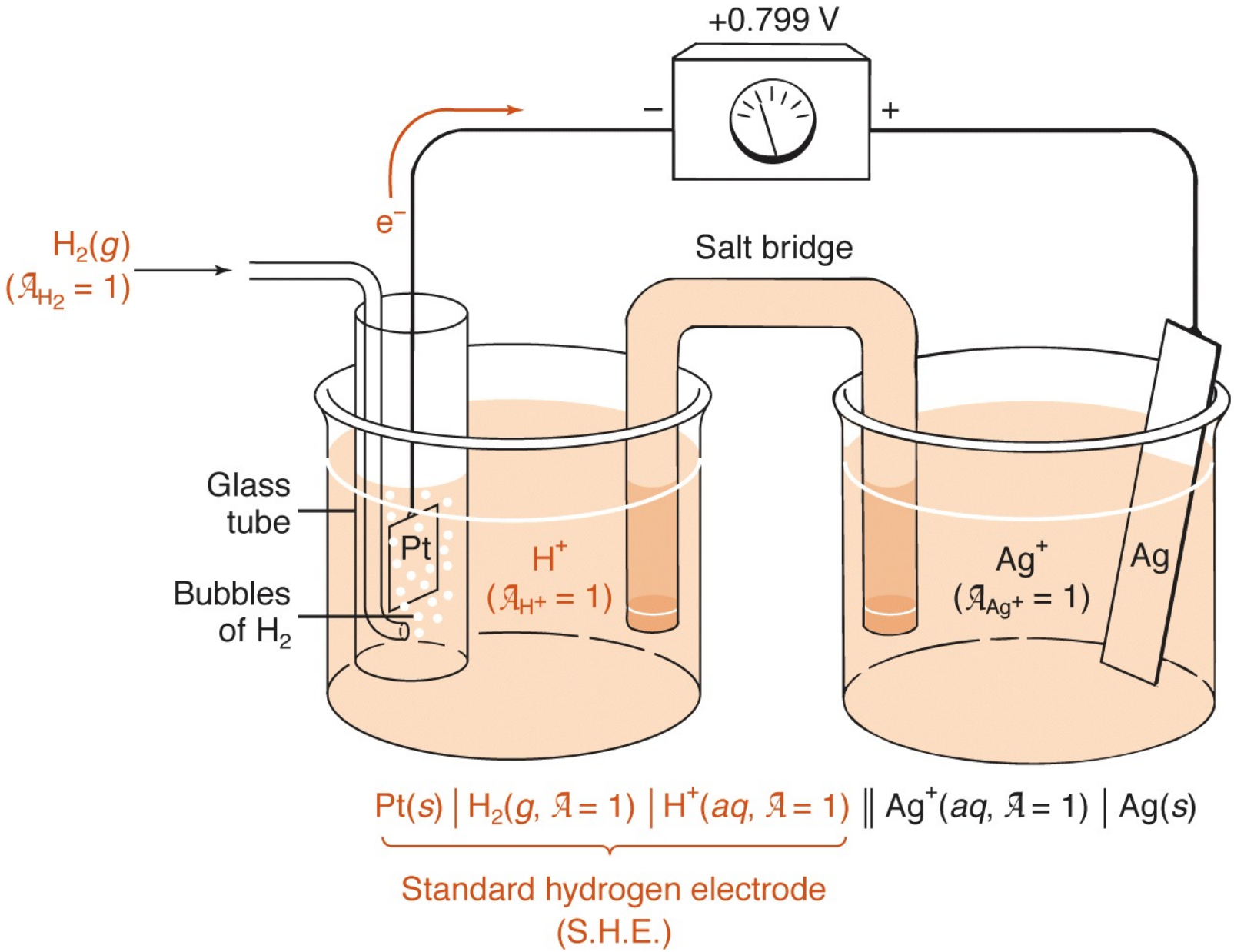
Điện cực hydro tiêu chuẩn

Quy ước:

Pt

$E^0_{2H+/H2} = 0$ V

© 2004 Thomson/Brooks Cole


+0.799 V
–
+
e⁻
$H_2(g)$
($\mathcal{A}_{H_2} = 1$)
Salt bridge
Glass tube
Bubbles of H_2
Pt
H^+
($\mathcal{A}_{H^+} = 1$)
Ag^+
($\mathcal{A}_{Ag^+} = 1$)
Ag
$Pt(s) \mid H_2(g, \mathcal{A} = 1) \mid H^+(aq, \mathcal{A} = 1) \parallel Ag^+(aq, \mathcal{A} = 1) \mid Ag(s)$
Standard hydrogen electrode
(S.H.E.)

$$M^{n+} + ne^{-} \Rightarrow M$$

$$H_2 - 2e^{-} \Rightarrow 2H^{+}$$

Tổng cộng

$$M^{n+} + \frac{n}{2}H_2 \Leftrightarrow M + nH^{+}$$

$$\Delta G_T = -n.F.\Delta E = \Delta G^0{}_T + RT.\ln\left(\frac{(H^+)^n}{(M^{n+}).(P_{H_2})^{n/2}}\right)$$

$$\Delta E = E_{M^{n+}/M} - E_{2H^+/H_2} = E_{M^{n+}/M}$$

$$\Rightarrow \Delta G_T = \Delta G^0{}_T - RT.\ln(M^{n+}) = -n.F.E_{M^{n+}/M}$$

$$\Rightarrow E_{M^{n+}/M} = -\frac{\Delta G^0{}_T}{nF} + \frac{RT}{nF}.\ln(M^{n+})$$

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

- Khi hiện diện trong nước, cặp **ox/kh** tạo cho dd **một thế** tính theo **phương trình Nernst:**

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

Với:

E^0: hằng số đặc trưng cho khả năng oxy hóa - khử của đôi ox/kh liên hợp

R = 8,3144 J/mol.°K

T = 298°K

F = 96493 Cb/mol

(ox), (kh): hoạt độ của 2 dạng ox và kh **(với $a_{rắn}$ = 1 và $p_{khí}$ = 1 atm)**

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

- Thay các giá trị và nếu dd loãng, thay hoạt độ bằng nồng độ:

$$E = E^o + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[ox]}{[kh]} \qquad (1)$$

$$E = E^o + \frac{0,059}{n} \lg \left(\frac{[ox]}{[kh]} . [H^+]^m\right) \qquad (2)$$

$$E = E^o + \frac{0,059}{n} \lg \left(\frac{[ox]}{[kh]^p} . [H^+]^m\right) \qquad (3)$$

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

- Ở điều kiện (25°C, 1atm); pH 0 và [ox] = [kh]:

$$\rightarrow E = E^0$$

- E^0 là:
  - thế oxy hoá chuẩn
  - thể hiện cho khả năng oxy hoá hay khử của hai dạng liên hợp
  - hằng số đặc trưng của bán cân bằng trao đổi điện tử

1. Bán cân bằng trao đổi điện tử

$$PbO_2\downarrow + 4H^+ + 2e \leftrightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$$

$$Cl_2\uparrow + 2e \leftrightarrow 2Cl^-$$

2. Cân bằng trao đổi điện tử

ĐN: Là quá trình cho - nhận điện tử xảy ra giữa 2 đôi oxy hoá - khử khác nhau.

2.1. Hằng số cân bằng, dự đoán chiều phản ứng

2.2. Thế tương đương của dd chứa 2 đôi oxy hóa khử

Hằng số cân bằng

Xét 2 đôi oxy hoá khử liên hợp :

$$Ox_1 + n_1e \leftrightarrow Kh_1 \qquad E^o_1$$

$$Kh_2 - n_2e \leftrightarrow Ox_2 \qquad E^o_2$$

$$n_2Ox_1 + n_1kh_2 \xleftrightarrow{K(1)} n_1Ox_2 + n_2Kh_1$$

Hằng số cân bằng

- Tại cân bằng, **$K_{thuận}$ hoặc $K_{nghịch}$** cho biết mức độ của phản ứng.

$$K_{thuận} = \frac{1}{K_{nghịch}} = \frac{[Ox_2]^{n_1}[Kh_1]^{n_2}}{[Ox_1]^{n_2}[Kh_2]^{n_1}}$$

→ Chỉ cần xét một trong 2 giá trị thì suy ra được chiều phản ứng.

Hằng số cân bằng

- Mỗi đôi oxy hoá khử có thế như sau:

- Ở trạng thái cân bằng ta có:

$$E_{cb} = E_1 = E_2$$

Hằng số cân bằng

Hằng số cân bằng

Vậy :

$$K(1) = 10^{\frac{n_1 . n_2 . (E^0_1 - E^0_2)}{0,059}}$$

Dự đoán chiều phản ứng

$$n_2Ox_1 + n_1Kh_2 \underset{K(2)}{\overset{K(1)}{\rightleftharpoons}} n_1Ox_2 + n_2Kh_1$$

$(E_1^0 - E_2^0) > 0$:

- K(1) > K(2) → phản ứng theo chiều 1.
- Ox1 có tính oxy hóa mạnh hơn Ox2.
- Kh1 có tính khử yếu hơn Kh2.

$(E_1^0 - E_2^0) < 0$: ngược lại

→ **E^0 : cho biết cường độ dạng oxy hóa.**

Dự đoán chiều phản ứng

E^0 càng lớn:

- Tính oxy hóa của dạng Ox càng mạnh
- Tính khử của dạng Kh càng yếu

→ dự đoán chiều phản ứng: đôi nào có E^0 lớn hơn thì **dạng oxy hóa** của nó **sẽ oxy hóa dạng khử** của đôi kia.

Dự đoán chiều phản ứng

- Đa số các pứ oxy hóa khử xảy ra trong môi trường acid, dự đoán có thể sai vì K đã thay đổi. Giả sử H^+ tham gia vào bán cân bằng của đôi Ox_1/pKh_1

$$n_2Ox_1 + n_1kh_2 \xleftrightarrow{K(1)} n_1Ox_2 + n_2pKh_1 + 1/2n_2mH_2O$$

Dự đoán chiều phản ứng

$$K(1) = \frac{[Ox_2]^{n_1}[Kh_1]^{n_2 p}}{[Ox_1]^{n_2}[Kh_2]^{n_1}[H^+]^{mn_2}}$$

→ giá trị **K(1)** phụ thuộc nhiều vào **[H$^+$] hay pH của môi trường.**

2.2. Thế tương đương của dd chứa 2 đôi oxy hóa khử

Cách tạo ra điểm tương đương:

- **Trộn 2 đôi theo số đương lượng bằng nhau.**
- **Thêm dần Ox_1 vào Kh_2 cho đến lúc đương lượng chúng bằng nhau**

→ điểm tương đương

→ thế dd đạt được ở cân bằng tại điểm tương đương gọi là **thế tương đương** E_{td}.

Thế tương đương

$$n_2Ox_1 + n_1Kh_2 + n_2mH^+ \xleftrightarrow{K(1)} n_1Ox_2 + n_2pKh_1 + 1/2n_2mH_2O$$

Tại điểm tương đương ta có:

$$E_{cb} = E_1 = E_2 = E_{tđ}$$

Thế tương đương

Thế tương đương

Thế tương đương

Thế tương đương

Giả sử:

- Trộn **V_1(ml) dd Ox_1 có nồng độ C_N1** vào **V_2(ml) dd Kh_2 có nồng độ C_N2** (theo cùng số ĐL) để đạt được điểm tương đương.
- Số ĐL Ox1 và Kh2 đều pứ: A
- Số ĐL Ox2 và Kh1 sinh ra: A
- **Tại CB:** dd **(V_1+V_2) ml** với nồng độ cuả các cấu tử tương ứng **$[Ox_1]$; $[Kh_1]$; $[Ox_2]$; $[Kh_2]$**

Thế tương đương

$$Ox_1 + n_1 e^- \rightarrow pKh_1$$

Số ĐL của Ox_1 còn lại tại CB :

$$C_N(Ox_1).V_1.10^{-3} - A = n_1.[Ox_1].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Số ĐL của Kh_1 sinh ra tại CB :

$$A = \frac{n_1}{p}.[Kh_1].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Thế tương đương

$$Ox_2 + n_2 e^- \rightarrow Kh_2$$

Số ĐL của Ox_2 sinh ra tại CB :

$$A = n_2.[Ox_2].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Số ĐL của Kh_2 còn lại tại CB :

$$C_N(Kh_2).V_2.10^{-3} - A = n_2.[Kh_2].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Thế tương đương

Vậy tại CB :

Số ĐL còn lại của Ox_1 = Số ĐL còn lại của Kh_2

$$n_1.[Ox_1].(V_1 + V_2).10^{-3} = n_2.[Kh_2].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Số ĐL của Ox_2 sinh ra = Số ĐL của Kh_1 sinh ra

$$n_2.[Ox_2].(V_1 + V_2).10^{-3} = \frac{n_1}{p}.[Kh_1].(V_1 + V_2).10^{-3}$$

Thế tương đương

Suy ra :

$$\frac{[Ox_1]}{[Kh_2]} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{và} \quad \frac{[Ox_2]}{[Kh_1]} = \frac{n_1}{n_2.p}$$

Thế vào :

$$E_{tđ} = \frac{n_1.E^0_1 + n_2.E^0_2}{n_1 + n_2}$$

$$+ \frac{0,059}{n_1 + n_2}.\lg\left(\frac{[Ox_1][H^+]^m}{[Kh_1]^p}.\frac{[Ox_2]}{[Kh_2]}\right)$$

Thế tương đương

$$E_{td} = \frac{n_1 E^o_1 + n_2 E^o_2}{n_1 + n_2} + \frac{0{,}059}{n_1 + n_2} \lg \frac{[H^+]^m}{p.[Kh_1]^{p-1}}$$

Thế tương đương

VD: Tính K và $E_{tđ}$ của phản ứng khi trộn 100ml dd $Cr_2O_7^{2-}$ 0,1N vào 200ml dd Cu^+ 0,1N ở pH 0.

Biết: $Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+}$ (E^0_1 = 1,33V)

Cu^{2+}/Cu^+ (E_2^0 = 0,153V)

Thế tương đương

Thế tương đương

II. CÂN BẰNG TRAO ĐỔI TIỂU PHÂN

1. Bán cân bằng trao đổi tiểu phân

Bán cân bằng tạo phức

Bán cân bằng acid – baz

Bán cân bằng tạo tủa

2. Cân bằng trao đổi tiểu phân

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

ĐN: Là quá trình cho - nhận tiểu phân giữa hai dạng cho D (donor) và nhận A (acceptor) trong dd.

$$A + p \underset{K(2)}{\overset{K(1)}{\rightleftharpoons}} D$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Quy ước:

$$K(1) = \beta_D = \frac{[D]}{[A][p]}$$

β_D : hằng số bền của D

$$K(2) = k_D = \frac{1}{\beta_D} = \frac{[A][p]}{[D]}$$

k_D = hằng số phân ly của D

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Trong thực tế:

$$A + p \underset{k_n}{\overset{\beta_1}{\rightleftharpoons}} D_1$$

$$D_1 + p \underset{k_{n-1}}{\overset{\beta_2}{\rightleftharpoons}} D_2$$

- - - - - -

$$D_{n-1} + p \underset{k_1}{\overset{\beta_n}{\rightleftharpoons}} D_n$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Tổng cộng quá trình trao đổi n tiểu phân:

$$A + np \underset{k_{1,n}}{\overset{\beta_{1,n}}{\rightleftharpoons}} D_n$$

$$\Rightarrow \beta_{1,n} = f(\beta_1, \beta_2, \ldots\ldots, \beta_n)$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

$$A + 2p \underset{}{\overset{\beta_{1,2}}{\rightleftharpoons}} D_2$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

- CM được: **hằng số bền tổng cộng ứng với quá trình nhận một lúc nhiều tiểu phân bằng tích các hằng số bền từng nấc.**

$$\beta_{1,i} = \frac{[D_i]}{[A][p]^i} = \beta_1.\beta_2.....\beta_i = \frac{1}{k_n k_{n-1}..k_{i'}}$$

$$(i + i' = n + 1)$$

$\rightarrow$ **$[D_i] = \beta_{1,i}\,[A][p]^i$ (*)**

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

- **Nồng độ các cấu tử ở thời điểm CB:**
  - **[A]?**
  - **[p]?**
  - **[D_i]?**

$$A + p \rightleftharpoons D_1 + p \rightleftharpoons$$

$$D_2 + p \ \ldots\ldots \rightleftharpoons D_n$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

- **Ký hiệu:**
  - $[A]_o$: nồng độ A tại thời điểm ban đầu.
  - [A]: nồng độ A tại cân bằng.
  - $[D_i]$: nồng độ phức D_i tại cân bằng.

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Ta có:

$$[A]_o = [A] + [D_1] + [D_2] + \ldots + [D_n]$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Đặt :

$$\alpha_{A(p)} = 1 + \sum_{1} \beta_{1,i}[p]^i : \text{hệ số điều kiện}$$

của A khi có p

$$\Rightarrow [A] = \frac{[A]_o}{\{1 + \sum_{1} \beta_{1,i}[p]^i\}} = \frac{[A]_o}{\alpha_{A(p)}}$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Ta có :

$$[D_i] = \beta_{1,i}.[A].[p]^i$$

$$\Rightarrow [D_i] = \frac{[A]_o.\beta_{1,i}.[p]^i}{\{1+\sum_1 \beta_{1,i}.[p]^i\}}$$

1. Bán CB trao đổi tiểu phân

Tóm lại, tại CB :

- Nồng độ A :

$$[A] = \frac{[A]_o}{\{1 + \sum_1 \beta_{1,i}.[p]^i\}} = \frac{[A]_o}{\alpha_{A(p)}}$$

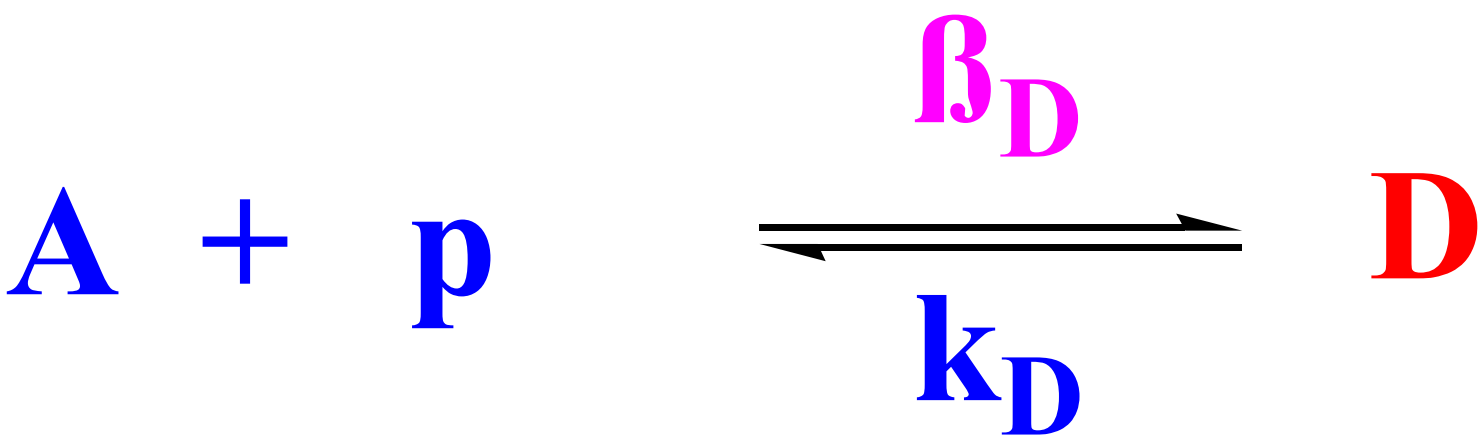
- Nồng độ các phức Di :

$$\Rightarrow [D_i] = \frac{[A]_o.\beta_{1,i}.[p]^i}{\{1 + \sum_1 \beta_{1,i}.[p]^i\}}$$

Hằng số đặc trưng của các bán CB cụ thể

- ***Bán cân bằng tạo phức***
- ***Bán cân bằng acid – baz***
- ***Bán cân bằng tạo tủa***

Bán cân bằng tạo phức



- β_D: **hằng số bền** của phức D
- $k_D = 1/\beta_D$: **hằng số phân ly** của phức.

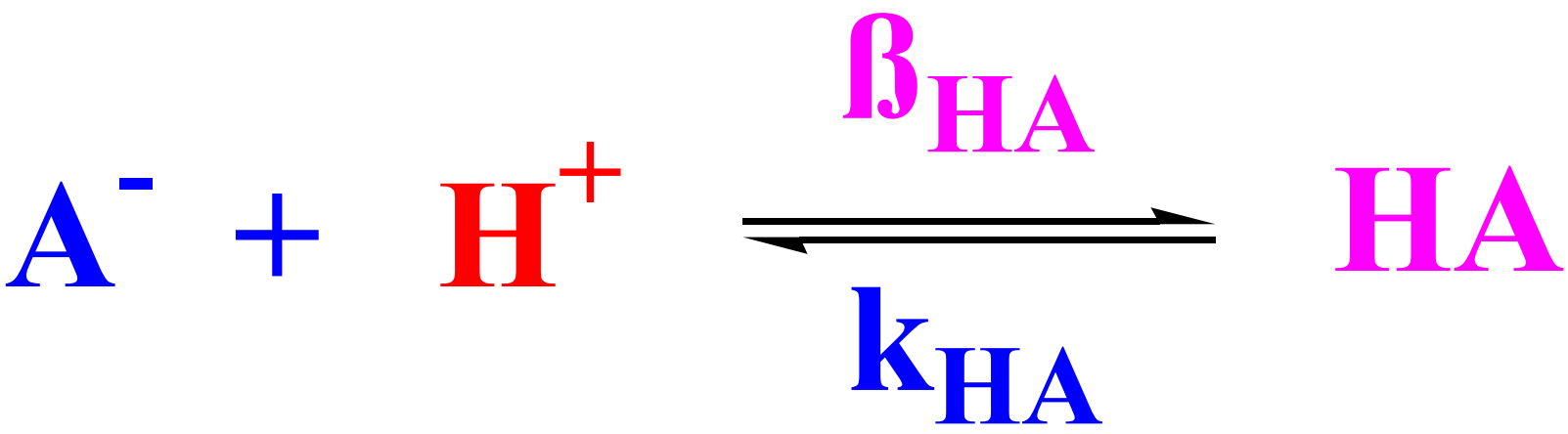
Bán cân bằng tạo phức

$$Fe^{3+} + Y^{4-} \underset{}{\overset{\beta_{FeY^-} = 10^{25,10}}{\rightleftharpoons}} FeY^-$$

- Hằng số bền của **phức EDTA với KL**: **trang 263**
- Hằng số bền **$\beta_{1,i}$ của phức KL với các ligand** khác nhau: **trang 245 - 262**

Bán cân bằng acid – baz

- Bán CB acid: p = H^+



- HA/A^-: đôi acid baz liên hợp (Bronsted – Lowry)

Bán cân bằng acid – baz

Các hằng số cân bằng acid :

Chiều 1 : β_{HA}

Chiều 2 : $k_{HA} = k_{acid} = k_{A/B} = \dfrac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

Bán cân bằng acid – baz

- **Bán cân bằng baz:**

$$A^- + H_2O \underset{\beta_{A^-}}{\overset{k_{A^-}}{\rightleftharpoons}} HA + OH^-$$

$$k_{A^-} = k_{baz} = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-][H_2O]}$$

Bán cân bằng acid – baz

Bán cân bằng acid – baz

Nhận xét:

- Acid **HA càng mạnh** thì **baz liên hợp A- càng yếu.**
- Khi k_{HA} càng lớn thì β_{HA} càng nhỏ.
- k_{HA} tra trong sổ tay **(trang 226 – 232)**
- β_{HA}, k_{A^-} : tính từ các biểu thức tương quan.

Bán cân bằng acid – baz

VD:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

- $k(NH_3) = 10^{-4,755}$

$\rightarrow k(NH_4^+) = 10^{-14}/10^{-4,755} = 10^{-9,245}$

- $k(CH_3COOH) = 10^{-4,76}$

$\rightarrow k(CH_3COO\text{-}) = 10^{-14}/10^{-4,76} = 10^{-9,24}$

Bán cân bằng tạo tủa

- **p ≠ H^+ và D↓ ít tan**

Trong nhiều trường hợp thực tế, giai đoạn tạo tủa gồm 2 bán cân bằng liên tiếp:

- **tạo phức**
- **tạo tủa**

$$A + np \overset{\beta_D}{\rightleftharpoons} D \overset{\beta_{D\downarrow}}{\rightleftharpoons} D\downarrow$$

Bán cân bằng tạo tủa

Bán cân bằng tạo tủa

Trong DD, tại thời điểm cân bằng:

- $[A].[p]^n = T_{st}\ (D\downarrow) = const$

- **Điều kiện để xuất hiện tuả D↓:**

$$[A].[p]^n > T_{st}\ (D\downarrow)$$

Bán cân bằng tạo tủa

$$A + np \underset{}{\overset{\beta_D}{\rightleftharpoons}} D \overset{\beta_{D\downarrow}}{\rightleftharpoons} D\downarrow$$

- **Độ tan S của (D↓):** tổng nồng độ của D chuyển vào dd (tất cả các dạng).

$$\rightarrow S = [D] + [A] \approx [A]$$

(Thực tế: **[D]** rất nhỏ)

Bán cân bằng tạo tủa

- **Độ tan S của hợp chất A_mB_n:**

$$A_mB_n \leftrightarrow mA^{n+} + nB^{m-}$$

$$S(M) \qquad mS \qquad nS$$

Bán cân bằng tạo tủa

Bán cân bằng tạo tủa

So sánh độ bền của các tủa:

Bán cân bằng tạo tủa

- Nếu các chất có biểu thức tích số tan giống nhau **(cùng số mũ)** so sánh độ bền của các chất thông qua **T và S**: **T và S** càng lớn → tủa càng kém bền.

- Nếu các chất có biểu thức tích số tan khác nhau **(khác số mũ)** so sánh độ bền của các chất thông qua **S**.

Bán cân bằng tạo tủa

$$T_{AgCl} = 10^{-9.75}$$

$$T_{AgBr} = 10^{-12.28}$$

$$T_{AgI} = 10^{-16.08}$$

$$T_{AgCN} = 10^{-15.84}$$

Bán cân bằng tạo tủa

2. Cân bằng trao đổi tiểu phân (Đọc)

2. CB trao đổi tiểu phân

Là quá trình cho nhận tiểu phân p giữa hai đôi cho nhận tiểu phân **D_1/A_1 và D_2/A_2**.

$$A_1 + n_1p \rightleftharpoons D_1$$

$$D_2 \rightleftharpoons A_2 + n_2p$$

$$n_2A_1 + n_1D_2 \overset{K(1)}{\rightleftharpoons} n_2D_1 + n_1A_2$$

2. CB trao đổi tiểu phân

$$K(1) = \frac{[D_1]^{n_2}.[A_2]^{n_1}}{[D_2]^{n_1}.[A_1]^{n_2}}$$

$$\text{Mà } \beta_{D_1} = \frac{[D_1]}{[A_1].[p]^{n_1}} \text{ và } \beta_{D_2} = \frac{[D_2]}{[A_2].[p]^{n_2}}$$

$$\Rightarrow K(1) = \frac{(\beta_{D1})^{n2}}{(\beta_{D2})^{n1}}$$

2. CB trao đổi tiểu phân

- **Chiều 1:**

$$K(1) = \frac{(\beta_{D1})^{n2}}{(\beta_{D2})^{n1}}$$

- **Nếu $(\beta_{D1})^{n2} > (\beta_{D2})^{n1}$: cân bằng xảy ra ưu tiên theo chiều 1 và ngược lại.**

Nồng độ của các tiểu phân ở điểm tương đương

- **Tại cân bằng**

  $n_1[A_1] = n_2[D_2]$

  $n_1[D_1] = n_2[A_2]$

$$\rightarrow \frac{[A_2]}{[D_2]} = \frac{[D_1]}{[A_1]}$$

Nồng độ của các tiểu phân ở điểm tương đương

$$K(1) = \frac{[D_1]^{n_2}[A_2]^{n_1}}{[A_1]^{n_2}[D_2]^{n_1}}$$

$$= \frac{[D_1]^{n_1+n_2}}{[A_1]^{n_1+n_2}} = \frac{(\beta_{D_1})^{n_2}}{(\beta_{D_2})^{n_1}}$$

Nồng độ của các tiểu phân ở điểm tương đương

Cách biểu diễn và tính toán đối với cân bằng trao đổi tiểu phân trong thực tế:

Quy ước:

- Cân bằng xảy ra giữa các cấu tử chính là cân bằng chính.

Nồng độ của các tiểu phân ở điểm tương đương

Quy ước:

- Cấu tử còn lại sẽ xem là cấu tử gây nhiễu lên cân bằng chính
- Các cân bằng trao đổi tiểu phân trong thực tế được đưa về bán cân bằng để tiện biểu diễn và tính toán đỡ phức tạp. Xét kỹ hơn trong chương 4.

III. ỨNG DỤNG

1. Xét tính định lượng của một cân bằng hoá học - mức độ hữu hiệu của biện pháp tách

2. Tính pH của dung dịch

1. Xét tính định lượng của một cân bằng hoá học - mức độ hữu hiệu của biện pháp tách

2. Tính pH của dung dịch

Nguyên tắc: $pH = -lg[H^+]$

Nồng độ H^+ trong dd là **nghiệm** của một phương trình tổng quát được tổ hợp từ các phương trình.

- **Pt trung hòa điện tích trong dd**
- **Pt tích số ion của nước**
- **Pt bảo toàn vật chất**
- **Pt hằng số phân ly acid –baz.**

2. Tính pH của dung dịch

Từ đó áp dụng cho các trường hợp sau:

- **Phương trình tính pH của dd acid.**
- **Phương trình tính pH của dd chứa 2 đơn acid HA_1, HA_2.**
- **Phương trình tính pH của dd baz.**
- **pH của dd gồm acid và baz liên hợp.**

XÂY DỰNG CÔNG THỨC TÍNH pH CHO DD ĐƠN ACID HA CÓ $[HA]_0 = C_{HA}$

pH của dd đơn acid HA

Trong dd nước, có CB:

$$HA \leftrightarrow H^+ + A^-$$

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$$

Tồn tại 4 ẩn số:

pH của dd đơn acid HA

pH của dd đơn acid HA

pH của dd đơn acid HA

pH của dd đơn acid HA

pH của dd đơn acid HA

$$[H^+]^3 + k_{HA}[H^+]^2$$

$$-(k_{HA}.C_{HA} + 10^{-14})[H^+]$$

$$-k_{HA}.10^{-14} = 0$$

Một số công thức đơn giản dùng tính pH DD

pH DD hỗn hợp các acid yếu

$$[H^+]^2 = \sum_{1}^{n} k_{HAi} \cdot C_{HAi}$$

pH DD chứa 1 acid yếu

pH DD hỗn hợp các baz yếu

$$[OH^-]^2 = \sum_{1}^{n} k_{A^-i} . C_{A^-i}$$

pH DD chứa 1 baz yếu

pH DD chứa 1 baz yếu

pH DD chứa 1 baz yếu

$$pH = 7 + \frac{1}{2}pK_{HA} + \frac{1}{2}\lg C_{A^-}$$

pH DD đệm

DD đệm có thể cấu tạo bởi:

- Acid yếu và baz liên hợp
  - CH_3COOH/CH_3COO^-
- Baz yếu và acid liên hợp
  - NH_3/NH_4^+
- Hai chất lưỡng tính acid – baz
  - NaH_2PO_4/ Na_2HPO_4

pH DD đệm

- pH dd đệm :

$$pH = pK_{HA} + \lg \frac{C_B}{C_A}$$

pH DD đệm

Đệm năng (dung lượng đệm) của DD đệm: β

- Khả năng điều hòa pH trong 1 giới hạn xác định.

- Biểu diễn bằng số mol acid mạnh hay baz mạnh thêm vào 1 lít DD đệm để pH của nó thay đổi 1 đơn vị pH.

pH DD đệm

$$\beta = \frac{\Delta C_B}{\Delta pH} = \frac{-\Delta C_A}{\Delta pH}$$

- **pH của hợp chất ion cấu tạo bởi acid mạnh + baz mạnh**

$\rightarrow$ **pH = 7**

- **pH của hợp chất ion cấu tạo bởi acid mạnh + baz yếu**

$$pH = \frac{1}{2} pK_{HA} - \frac{1}{2} \lg C_{muối} \quad (*)$$

- **pH của hợp chất ion cấu tạo bởi acid yếu + baz mạnh:**

$$pH = 7 + \frac{1}{2}pK_{HA} + \frac{1}{2}\lg C_{muối}$$

Áp dụng chung cho đa số trường hợp thoả mãn:

ĐK: $k_{HA} \geq 10^{-7}$ & $C_{HA} \geq 10^{-6}$ M

$$[H^+]^2 + k_{HA}[H^+] - k_{HA}.C_{HA} = 0$$

Điều kiện:

- $k_{HA} \geq 10^{-1}$ và $10^{-6} \leq C_{HA} \leq 10^{-2}$

Hoặc

- $10^{-4} \leq k_{HA} \leq 10^{-2}$ & $10^{-6} \leq C_{HA} \leq 10^{-5}$

$$\Rightarrow pH = -\lg C_{HA}$$