CHUYÊN ĐỀ 8: DUNG DỊCH – CÂN BẰNG HÓA HỌC.

Phần I: HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

1. Cân bằng hóa học: Phản ứng thuận nghịch. Cân bằng hóa học. Hằng số cân bằng. Các yếu tố ảnh hưởng đến cân bằng. Sự chuyển dời cân bằng. Năng lượng tự do Gibbs ΔG và cân bằng hóa học.

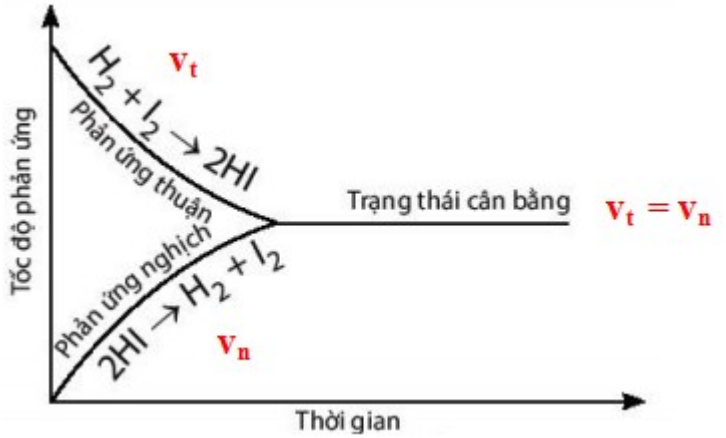
❖ PHẢN ỨNG MỘT CHIỀU & PHẢN ỨNG THUẬN NGHỊCH

	1. Phản ứng một chiều	2. Phản ứng thuận nghịch
Khái niệm	**Phản ứng một chiều** là phản ứng xảy ra theo một chiều từ chất đầu sang sản phẩm trong cùng một điều kiện. **aA + bB ⟶ cC + dD**	**Phản ứng thuận nghịch** là phản ứng xảy ra theo hai chiều ngược nhau trong cùng điều kiện. **aA + bB ⇌ cC + dD**
Biểu diễn	Bằng một mũi tên : →	Bằng hai nửa mũi tên ngược chiều nhau: ⇌ (chiều thuận / chiều nghịch)

❖ CÂN BẰNG HÓA HỌC

1. Trạng thái cân bằng

Trạng thái cân bằng của phản ứng thuận nghịch là trạng thái tại đó ***tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch*** ($v_t = v_n$)



2.

Cân bằng hóa học là một cân bằng động => tại thời điểm cân bằng phản ứng vẫn diễn ra với tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch.

2. Hằng số cân bằng

a) Biểu thức của hằng số cân bằng

Xét phản ứng thuận nghịch tổng quát: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$$K_C = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$$

**** Một số lưu ý:***

- Trong đó : [A], [B], [C], [D] là nồng độ mol của các chất A, B, C, D ở trạng thái cân bằng.
  a,b,c,d là hệ số tỉ lượng của các chất trong phương trình hóa học của phản ứng.
- K_C chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và bản chất của phản ứng.
- Đối với các phản ứng có chất rắn tham gia, không biểu diễn nồng độ của chất rắn trong biểu thức K_C

b)Ý nghĩa của hằng số cân bằng

K_C càng lớn thì phản ứng thuận càng chiếm ưu thế hơn và ngược lại, K_C càng nhỏ thì phản ứng nghịch càng chiếm ưu thế hơn.

❖ SỰ CHUYỂN DỊCH CÂN BẰNG HÓA HỌC

a. Khái niệm :

Sự chuyển dịch cân bằng là sự phá vỡ trạng thái cân bằng cũ để chuyển sang trạng thái cân bằng mới do các yếu tố bên ngoài (nồng độ, nhiệt độ, áp suất) tác động lên cân bằng.

b. Nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier

" Một phản ứng thuận nghịch đang ở trạng thái cân bằng, khi chịu một tác động bên ngoài làm thay đổi nồng độ, nhiệt độ, áp suất thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động bên ngoài đó".

❖ CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ CHUYỂN DỊCH CÂN BẰNG HÓA HỌC

1. Ảnh hưởng của nhiệt độ (chất khí, chất lỏng)

" Khi tăng nhiệt độ, cân bằng chuyển dịch theo chiều làm giảm nhiệt độ, tức là chiều phản ứng thu nhiệt ($\Delta_r H^0_{298} > 0$), nghĩa là chiều làm giảm tác động của việc tăng nhiệt độ và ngược lại"

2.Ảnh hưởng của nồng độ (chất khí, chất lỏng)

"Khi tăng nồng độ một chất trong phản ứng thì cân bằng hóa học bị phá vỡ và chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động của chất đó và ngược lại".

3. Ảnh hưởng của áp suất (chất khí)

"Khi tăng áp suất chung của hệ, thì cân bằng chuyển dịch theo chiều làm giảm áp suất, tức là chiều làm giảm số mol khí và ngược lại".

4. Ảnh hưởng chất xúc tác

Trong phản ứng thuận nghịch nếu dùng chất xúc tác *thì tốc độ phản ứng thuận và tốc độ phản ứng nghịch tăng như nhau* nên **chất xúc tác <u>không</u> có tác dụng làm chuyển dịch cân bằng** , mà chỉ có tác dụng làm cho phản ứng nhanh chóng đạt đến trạng thái cân bằng.

=> **<u>chất xúc tác không ảnh hưởng đến cân bằng hóa học</u>**

❖ NĂNG LƯỢNG TỰ DO ΔG VÀ CÂN BẰNG HÓA HỌC.

Năng lượng tự do và hằng số cân bằng: (*Gibbs Free Energy & Equilibrium Constants*)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ΔG hàm phụ thuộc vào nồng độ của tác chất & sản phẩm

$$\Delta G = \Delta G^0 - RT \ln Q$$

G^0: năng lượng Gibbs ở <u>đk chuẩn</u> (1bar, 298K,1M)

Tại cân bằng: $\Delta G = 0$

$$\Delta G^0 = RT \ln K$$

2. Khái niệm về dung dịch. Sự hòa tan. Độ tan

2.1. Độ tan của chất ít tan

Khi hòa tan hợp chất ít tan M_mA_n vào nước, dưới tác dụng của các phân tử nước phân cực thì các ion M^{n+}, A^{m-} sẽ bị hydrat hóa và chuyển vào dung dịch dưới dạng phức chất aqua $[M(H_2O)_x]^{n+}$, $[A(H_2O)_y]^{m-}$. Đến một lúc nào đó thì tốc độ của hai quá trình thuận và nghịch bằng nhau và có cân bằng thiết lập giữa pha rắn và dung dịch bão hòa:

$$M_mA_n \downarrow + (mx+ny)\ H_2O \rightleftharpoons m\ M(H_2O)_x^{n+} + n\ A(H_2O)_y^{m-}$$

Pha rắn **dung dịch bão hòa**

Nồng độ của chất điện li trong dung dịch bão hòa được gọi là độ tan, kí hiệu là S. Độ tan có thể được biểu diễn bằng các đơn vị khác nhau: mol/L; g/L; g/100g dung dịch nhưng thường được biểu diễn bằng mol/L.

Độ tan phụ thuộc vào nhiều yếu tố: bản chất của chất tan và dung môi, nhiệt độ, áp suất, trạng thái vật lí của pha rắn…

a. **Tích số tan**

Tích số tan là tích số hoạt độ của các ion trong dung dịch bão hòa với số mũ thích hợp tại một nhiệt độ xác định.

Có thể viết cân bằng dưới dạng:

$M_mA_n \downarrow \rightleftharpoons m\,M^{n+} + n\,A^{m-}$ $\quad K_S$

Áp dụng định luật tác dụng khối lượng cho cân bằng :

$K_S = (M^{n+})^m . (A^{m-})^n$

Trong đó (i) là hoạt độ của ion i.

K_S được gọi là tích số tan.

Tích số tan càng lớn thì kết tủa có khả năng tan càng nhiều và ngược lại.

2.3.Tích số tan điều kiện

Để thuận tiện cho việc đánh giá gần đúng độ tan trong các trường hợp phức tạp có xảy ra các quá trình phụ, người ta sử dụng tích số tan điều kiện. Cũng như hằng số tạo thành điều kiện, tích số tan điều kiện chỉ áp dụng cho một số điều kiện thực nghiệm xác định (lực ion, pH, chất tạo phức phụ…). Tích số tan nồng độ chính là tích số tan điều kiện ở lực ion và điều kiện đã cho. Trong biểu thức tích số tan điều kiện, hoạt độ của các ion được thay bằng nồng độ các dạng tồn tại trong dung dịch của mỗi ion.

Đối với trường hợp tổng quát, đơn giản cân bằng trong dung dịch chứa kết tủa MA:

$MA\downarrow \rightleftharpoons M + A \qquad K_s$

Các quá trình phụ:

$M + H_2O \rightleftharpoons MOH + H^+ \qquad \beta^*_{MOH}$

$A + H^+ \rightleftharpoons HA \qquad K_a^{-1}$

$M + X \rightleftharpoons MX \qquad \beta$

Độ tan của MA phụ thuộc vào pH và nồng độ chất tạo phức phụ X. Ở điều kiện cố định pH và nồng độ của X có thể tính được tích số tan điều kiện K_s':

$K_s' = [M]'[A]'$

Trong đó:

$$[M]' = [M] + [MOH] + [MX] = [M] + \beta^*_{MOH}.[M].[H^+]^{-1} + \beta.[M].[X]$$

$$[A]' = [A] + [HA] = [A] + K_a^{-1}.[A].[H^+] = [A].(1 + K_a^{-1}.[H^+])$$

Do đó: $K_s' = [M]\,(1 + \beta^*_{MOH}.[H^+]^{-1} + \beta.[X]).[A]\,(1 + K_a^{-1}.[H^+])$

Hay: $K_s' = K_s.(1 + \beta^*_{MOH}.[H^+]^{-1} + \beta.[X])\,(1 + K_a^{-1}.[H^+])$

Suy ra: $K_s' = K_s.\,\alpha_M\,.\alpha_A$

Ở đây: $\alpha_M = (1 + \beta^*_{MOH^+}.[H^+]^{-1} + \beta.[X])$; $\quad \alpha_A = (1 + K_a^{-1}.[H^+])$

Nếu cho pH và nồng độ chất tạo phức X ta có thể tính được K_s' và từ đó tính độ tan của kết tủa theo ĐLTDKL áp dụng cho K_s' thay thế cho K_s.

2.4.Các yếu tố ảnh hưởng

2.4.1. Sự có mặt của ion chung

Sự có mặt của ion đồng dạng làm giảm độ tan các chất, làm cân bằng hòa tan chuyển dịch theo chiều nghịch.

2.4.1.Ảnh hưởng của pH

Để thuận tiện cho việc đánh giá gần đúng độ tan trong các trường hợp phức tạp có xảy ra các quá trình phụ, người ta sử dụng tích số tan điều kiện (K'_s).

$M_3A \rightleftharpoons 3M^+ + A^{3-}$

Xem M^+ không hình thành phức hydrate và A^{3-} là gốc acid yếu.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \qquad K_{H_2O}$$
$$A^{3-} + H^+ \rightleftharpoons HA^{2-} \qquad K_{a3}^{-1}$$
$$HA^{2-} + H^+ \rightleftharpoons H_2A^- \qquad K_{a2}^{-1}$$
$$H_2A^- + H^+ \rightleftharpoons H_3A \qquad K_{a1}^{-1} \quad K_{H_2O}$$

$C_A^{3-} = [A^{3-}] + [HA^{2-}] + [H_2A^-] + [H_3A]$

$= [A^{3-}] + [H^+].[A^{3-}] . K_{a3}^{-1} + [H^+]^2.[A^{3-}].K_{a2}^{-1}.K_{a3}^{-1} + [H^+].^3[A^{3-}].K_{a3}^{-1}K_{a2}^{-1}.K_{a1}^{-1}$

$C_A^{3-} = [A^{3-}](1+[H^+].K_{a3}^{-1} + [H^+]^2.K_{a2}^{-1}.K_{a3}^{-1} + [H^+].^3 K_{a3}^{-1}K_{a2}^{-1}.K_{a1}^{-1}) = [A^{3-}].\alpha_{A^{3-}}$ $\alpha_{A^{3-}}$

Với $\alpha_{A^{3-}} = 1+[H^+].K_{a3}^{-1} + [H^+]^2.K_{a2}^{-1}.K_{a3}^{-1} + [H^+].^3 K_{a3}^{-1}K_{a2}^{-1}.K_{a1}^{-1}$

2.4.3. Ảnh hưởng của sự tạo phức

3. Sự điện li. Chất điện li. Độ điện li. Hằng số điện li. Định luật bảo toàn nồng độ.

❖ SỰ ĐIỆN LI.

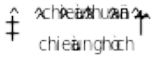
Quá trình phân li các chất khi tan trong nước thành ion được gọi là sự điện li.

❖ CHẤT ĐIỆN LI.

a) Chất điện li và chất không điện li

Chất	Chất điện li	Chất không điện li
Khái niệm	Chất điện li là chất khi tan trong nước phân li thành các ion.	Chất không điện li là chất khi tan trong nước không phân li thành các ion.
Tính chất	Dẫn điện	Không dẫn điện
Ví dụ	Hầu hết dung dịch acid, base, muối.	Các chất ở dạng rắn khan, nước cất, dung dịch saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), alcohol ethylic (C_2H_5OH), glycerol: $C_3H_5(OH)_3$.

b) Chất điện li mạnh và chất điện li yếu

	Chất điện li mạnh: ($\alpha = 1$)	**Chất điện li yếu:** ($0 < \alpha < 1$)
Khái niệm	Chất điện li mạnh là chất khi tan trong nước tất cả các phân tử chất tan đều phân li ra ion.	Chất điện li yếu là chất khi tan trong nước chỉ có một phần số phân tử chất tan phân li ra ion, phần còn lại vẫn tồn tại ở dạng phân tử trong dung dịch.
Biểu diễn	Bằng một mũi tên : $\longrightarrow$	Bằng hai nửa mũi tên ngược chiều nhau: 
Gồm các chất	**-Acid mạnh:** H_2SO_4, HCl, HNO_3, $HClO_3$, $HClO_4$, $HBrO_3$, $HBrO_4$, HBr, HI. $HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$	**- Acid yếu:** H_2CO_3, H_2SO_3, H_2S, HClO, $HClO_2$, HBrO, $HBrO_2$, HF, CH_3COOH, HCOOH, H_3PO_4, HCN,... $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$
	- Base mạnh = base tan (NaOH và $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ca(OH)_2$)	**- Base yếu = base không tan** (3OH và các trường hợp còn lại của 2OH).

	$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$	$Bi(OH)_3 \rightleftharpoons Bi^{3+} + 3OH^-$
	- Muối: hầu hết các muối trừ $HgCl_2$, $Hg(CN)_2$ là điện li yếu. $K_3PO_4 \longrightarrow 3K^+ + PO_4^{3-}$	**- Muối :** $HgCl_2$, $Hg(CN)_2$ $HgCl_2 \rightleftharpoons Hg^{2+} + 2Cl^-$

❖ ĐỘ ĐIỆN LI

Độ điện li (α) : $\alpha = \frac{n}{n_o} = \frac{C}{C_o}$

Với : n là số phân tử phân li ra ion, n_o là số phân tử hòa tan.

C là nồng độ mol chất tan phân li thành ion, C_o là nồng độ mol chất hòa tan.

● **Chú ý :**

- Khi pha loãng dung dịch, độ điện li của các chất điện li đều tăng.

- Cân bằng điện li là cân bằng động và tuân theo nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier

❖ HẰNG SỐ ĐIỆN LI

❖ $K = \frac{[A^{m+}]^n [B^{n-}]^m}{[A_n B_m]}$

- với những acid mạnh, base mạnh là những chất điện li hoàn toàn nên ta không dùng khái niệm cân bằng điện li

- với những đa acid, đa base xảy ra theo nhiều nấc. Mỗi nấc được đặc trưng bởi một hằng số điện li riêng

❖ VD: $H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$; $K_1 = 7{,}5.10^{-3}$

$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$; $K_2 = 6{,}3.10^{-8}$

$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$; $K_3 = 1{,}3.10^{-12}$

$H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{3-}$; $K = K_1.K_2.K_3$

K phụ thuộc vào nhiệt độ và bản chất của chất điện li

**** Mối liên hệ giữa K và α***

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

t = 0 C 0 0

t_{cb} C(1-α) mCα nCα

$K = \frac{[mC\alpha]^m [mC\alpha]^n}{C(1-\alpha)} = \frac{m^n.n^m.C^{m+n-1}.\alpha^{m+n}}{1-\alpha}$

Với chất điện li yếu : $\alpha << 1$

$K = m^n.n^m.C^{m+n-1}.\alpha^{m+n}$

● **Cân bằng trong dung dịch acid yếu :**

Giả sử có một dung dịch **acid** yếu HA (HF, CH_3COOH…), có nồng độ ban đầu là C_o, độ điện li là α, hằng số phân li là K_a.

Phương trình điện li :

$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$

Hay :

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

	HA	⇌	A^-	+	H^+
bđ:	C_o				
p.li	αC_o	→	αC_o	→	αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o		αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\alpha C_o)^2}{C_o - \alpha C_o} = \frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} \quad (1)$$

Các công thức tính toán gần đúng được rút ra từ công thức (1) :

+ Vì HA là dung dịch chất điện li yếu nên $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow K_a = \alpha^2 C_o$ (2)

Từ công thức (2) ta có thể suy ra công thức tính độ điện li α : $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_o}}$

● **Cân bằng trong dung dịch base yếu**

Xét dung dịch NH_3 có nồng độ ban đầu là C_o, độ điện li là α, hằng số phân li là K_b.

Phương trình điện li :

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

	NH_3	+	H_2O	⇌	OH^-	+	NH_4^+
bđ:	C_o						
p.li	αC_o		→		αC_o	→	αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$				αC_o		αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{(\alpha C_o)^2}{C_o - \alpha C_o} = \frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} \quad (1)$$

Các công thức tính toán gần đúng được rút ra từ công thức (1) :

+ Vì NH_3 là dung dịch chất điện li yếu nên $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow K_b = \alpha^2 C_o$ (2)

Từ công thức (2) ta có thể suy ra công thức tính độ điện li α : $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_o}}$

❖ **ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN NỒNG ĐỘ**

Trong dung dịch, các chất bị điện li ít nhiều thành các ion, ngoài ra chúng có sự tương tác với dung môi, với các ion khác.

Định luật bảo toàn nồng độ phát biểu như sau: **Nồng độ ban đầu của các ion bằng tổng nồng độ các dạng tồn tại của chúng trong dung dịch ở trạng thái cân bằng.**

4. Acid – base – muối: định nghĩa, phân loại, danh pháp, tính chất chung, tính acid – base của các ion. Phản ứng trao đổi ion.

4.1. Acid – base – muối

***** Lưu ý: <u>Theo thuyết Arrhenius:</u> Chỉ áp dụng đối với dung môi là nước.**
<u>Theo thuyết Bronsted:</u> Bao gồm cả dung môi là nước và dung môi khác nước hoặc không có dung môi.

4.1.1. ACID

❖ **<u>Theo thuyết Arrhenius:</u>** Acid là chất khi tan trong nước điện li ra cation H^+ .

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$
$$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$$

– Các dung dịch acid đều có một số tính chất chung , đó là tính chất của các cation H^+ trong dung dịch.

❖ **<u>Theo thuyết Bronsted:</u>** Acid là chất nhường proton H^+ để trở thành base liên hợp, acid càng mạnh thì base liên hợp với nó càng yếu và ngược lại.

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

CH_3COOH là acid yếu nên base liên hợp với nó là một base mạnh.
Như vậy theo Bronsted thì acid có thể là :

– **Phân tử trung hòa:** HCl, H_2SO_4, HNO_3, NH_4Cl, $CuCl_2$...

– **Cation:** NH_4^+; $Fe(H_2O)^{2+}$; $Al(H_2O)^{3+}$; $Cu(H_2O)^{2+}$...

– **Anion :** HSO_4^-

4.1.2. BASE

❖ **<u>Theo thuyết Arrhenius:</u>** Base là chất khi tan trong nước điện li ra anion OH^- .

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

– Các dung dịch base đều có một số tính chất chung , đó là tính chất của các anion OH^- trong dung dịch.

❖ **<u>Theo thuyết Bronsted:</u>** Base là chất nhận proton H^+ để trở thành acid liên hợp, base càng mạnh thì acid liên hợp với nó càng yếu và ngược lại.

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

NH_3 là base yếu nên NH_4^+ là acid liên hợp với nó là một acid mạnh.
Như vậy theo Bronsted thì acid có thể là :

– **Phân tử trung hòa:** $NaOH$, $Ba(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, NH_3, Na_2CO_3...

– **Cation:** $Fe(H_2O)^{2+}$; $Al(H_2O)^{2+}$,...

– **Anion :** CO_3^{2-}; S^{2-}; SO_3^{2-}; PO_4^{3-}; SO_4^{2-}; CH_3COO^-...

4.1.3. Chất lưỡng tính

❖ **<u>Theo thuyết Arrhenius:</u>** Hydroxide lưỡng tính là hydroxide khi tan trong nước vừa có thể phân li như acid vừa có thể phân li như base.

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^- : \text{Phân li theo kiểu base}$$
$$Zn(OH)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons [Zn(OH_4)]2- + 2H^+ : \text{Phân li theo kiểu acid}$$

Để thể hiện tính acid của $Zn(OH)_2$ người ta thường viết nó dưới dạng H_2ZnO_2.
Các hydroxide thường gặp là: $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Cr(OH)_3$, $Be(OH)_2$.

❖ **Theo thuyết Bronsted:** Chất lưỡng tính (phân tử hoặc ion) khi tan trong nước vừa có khả năng nhường vừa có khả năng nhận proton H^+.
Các chất lưỡng tính thường gặp:

- **Hydroxide lưỡng tính:** $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $Cr(OH)_3$, $Be(OH)_2$.
- **Oxide lưỡng tính:** Al_2O_3, ZnO, PbO, SnO, Cr_2O_3, BeO.
- **Muối:** $NaHCO_3$; NaHS; $NaHSO_3$; $(NH_4)_2CO_3$; CH_3COONH_4 …
- **Anion:** HCO_3^-, HS^-, HSO_3^-, $H_2PO_4^-$…
- **H_2O**
- **Chú ý:** Al, Zn, Be, Pb, Sn không có tính lưỡng tính mặc dù vẫn tác dụng được với dd acid và dd base.

4.1.4. Chất trung tính: Là chất (phân tử hoặc ion) không có khả năng nhường và cũng không có khả năng nhận proton H^+. Bao gồm:

- **Muối tạo bởi acid mạnh và basse mạnh:** NaCl, $Ba(NO_3)_2$, KNO_3 …
- **Anion gốc acid mạnh:** ClO_4^-, Cl^-, NO_3^-, Br^-…
- **Cation kim loại mạnh:** Na^+, Ca^{2+} …

4.1.5. Muối

❖ **Muối** là hợp chất khi tan trong nước **điện li ra cation kim loại (hoặc cation NH_4^+) và anion gốc acid.**

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$$

Khi hòa tan vào nước các muối sẽ phân li thành các ion và bị hydrate hóa.

❖ **Phân loại**

- **Muối trung hoà** là muối mà anion gốc acid không còn hydrogen có khả năng điện li ra ion H^+ : NaCl, $(NH_4)_2SO_4$, Na_2CO_3…

Lưu ý:Na_2HPO_3, NaH_2PO_2 là muối trung hòa vì các H này không có khả năng phân li ra H^+.

- **Muối acid** là muối mà gốc acid của muối vẫn còn hydrogen có khả năng điện li ra ion H^+ : $NaHCO_3$ (bột nở) , NaH_2PO_4, $NaHSO_4$.
- **Muối phức tạp**

Muối kép : NaCl.KCl ; $KCl.MgCl_2.6H_2O$;...
Phức chất : $[Ag(NH_3)_2]Cl$; $[Cu(NH_3)_4]SO_4$;...
Muối ngậm nước: $CuSO_4.5H_2O$ …
Muối hỗn tạp: tạo bởi một cation và nhiều anion : $CaOCl_2$…

4.2. Phản ứng trao đổi ion.

❖ **Khái niệm:** phản ứng trao đổi ion trong dung dịch là phản ứng xảy ra có sự trao đổi ion giữa các chất điện li để tạo thành chất mới, trong đó, số oxi hóa của chúng trước và sau phản ứng không thay đổi.

❖ **Điều kiện xảy ra phản ứng trao đổi ion:**

Phản ứng trao đổi ion chỉ xảy ra trong những trường hợp sau đây:

– Sản phẩm của phản ứng có kết tủa tạo thành.

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$$

– Sản phẩm của phản ứng tạo thành chất điện li yếu.

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$
$$CH_3COONa + HCl \rightarrow CH_3COOH + NaCl$$
$$AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$$

– Sản phẩm của phản ứng tạo thành chất dễ bay hơi.

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

5. Tích số ion của nước, ý nghĩa. Dung dịch acid – base. pH và chất chỉ thị acid – base. Chuẩn độ acid – base.

5.1. Tích số ion của nước

❖ **Nước là chất điện ly yếu:** $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

❖ Tích số nồng độ H^+ và OH^- trong nước nguyên chất hoặc trong nước không quá đặc ở mỗi nhiệt độ là hằng số, gọi là **tích số ion của nước** (kí hiệu Kw).

$$K_W = [H^+].[OH^-]$$

Ở 25°C : $\mathbf{K_W = [H^+].[OH^-] = 1{,}0.10^{-14}}$ (1)

– Từ đó suy ra:

Môi trường	
Acid	$[H^+] > [OH^-]$ hay $[H^+] > 1{,}0.10^{-7}$ M.
Trung tính	$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ M.
Base	$[H^+] < [OH^-]$ hay $[H^+] < 1{,}0.10^{-7}$ M.

5.2. Phản ứng acid – base: Là phản ứng hóa học trong đó có sự cho và nhận proton.

Các phản ứng thuộc loại acid – base bao gồm:

– Dung dịch acid và dung dịch base

– Dung dịch acid và base không tan

– Dung dịch acid và basic oxide

– Dung dịch base và acidic oxide

5.3. pH và chất chỉ thị acid – base

❖ **pH của dung dịch :** Là chỉ số để đo nồng độ (đặc, loãng) của dung dịch acid hay base khi nồng độ của dung dịch nhỏ hơn 0,1M. Công thức tính : $\mathbf{pH = -\lg[H^+]}$ **(2)**

Logarit hóa hai vế của (1) ta có một dung dịch:

$$\mathbf{pH + pOH = 14\ (3)}$$

Từ (3) suy ra :

Môi trường	pH
Acid	pH < 7
Trung tính	pH = 7
Base	pH > 7

❖ **Chất chỉ thị acid – base**

Chất chỉ thị acid – base là chất có màu biến đổi phụ thuộc vào giá trị pH của dung dịch.

Giấy quỳ tím	Đỏ (pH ≤ 6)	Tím (pH = 7)	Xanh (pH ≥ 8)
Phenolphthalein	Không màu (pH < 8)		Màu hồng (pH ≥ 8)
Methyl da cam	Đỏ	Vàng cam	
Giấy pH			

Lưu ý: (**) *trong dung dịch xút đặc thì màu hồng bị mất đi.*

❖ **Phương pháp tính pH**

1. Tính pH của dung dịch đơn acid mạnh HA C_a (M) ***(Dạng 1)***

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

$H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích :

$[H^+] = [OH^-] + [A^-]$

Với : $[A^-] = C_a$ và $[OH^-] =$

$\rightarrow [H^+] = C_a + \Leftrightarrow [H^+]^2 - [H^+].C_a - Kw = 0$ (1)

Biểu thức (1) là biểu thức tổng quát tính $[H^+] \rightarrow$ pH của một dung dịch đơn acid mạnh bất kì.

** Có thể đơn giản hoá phép tính một cách gần đúng như sau:*

- Nếu nồng độ acid $C_a \geq 10^{-6}$ M thì bỏ qua sự điện li của H_2O

$\Rightarrow [H^+] = C_a$ hay $pH = -\lg [H^+] = -\lg C_a$

- Nếu nồng độ acid $10^{-8} < C_a < 10^{-6}$ M thì giải phương trình bậc 2

- Nếu nồng độ acid $C_a \leq 10^{-8}$ M thì bỏ qua $[H^+]$ do acid phân li ra

$\Rightarrow$ Coi $[H^+] = [OH^-]$ hay pH = 7

2. Tính pH của dung dịch đơn base mạnh BOH C_b (M) ***(Dạng 2)***

$BOH \rightarrow B^+ + OH^-$

$H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích :

$[OH^-] = [M^+] + [H^+]$

Với : $[M^+] = C_a$ và $[OH^-] =$ $\rightarrow [H^+]^2 + [H^+].C_b - Kw = 0$ (2)

Biểu thức (2) là biểu thức tổng quát tính $[H^+] \rightarrow$ pH của một dung dịch đơn base mạnh bất kì.

** Có thể đơn giản hoá phép tính một cách gần đúng như sau:*

- Nếu nồng độ acid $C_b \geq 10^{-6}$ M thì bỏ qua sự điện li của H_2O

$\Rightarrow [OH^-] = C_b$ hay $pOH = -\lg [OH^-] = -\lg C_b \rightarrow pH = 14 - pOH$

- Nếu nồng độ acid $10^{-8} < C_b < 10^{-6}$ M thì giải phương trình bậc 2

- Nếu nồng độ acid $C_b \leq 10^{-8}$ M thì bỏ qua $[OH^-]$ do acid phân li ra

$\Rightarrow$ Coi $[H^+] = [OH^-]$ hay pH = 7

3. Tính pH của dung dịch đơn acid yếu HA C_a (M) Hằng số K_a ***(Dạng 3)***

$HA \leftrightarrows H^+ + A^-$ K_a

$H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích :

$[H^+] = [OH^-] + [A^-]$ $\rightarrow [A^-] = [H^+] - [OH^-]$

Theo bảo toàn nồng độ : $C_a = [A^-] + [HA]$ $\Rightarrow [HA] = C_a - [H^+] - [OH^-]$

$HA \leftrightarrows H^+ + A^-$ K_a

Biểu thức K_a : $K_a =$ ➔ $[H^+] = K_a$

Ta có : $[H^+] = K_a$ (3)

Biểu thức (3) là biểu thức tổng quát tính $[H^+] \rightarrow$ pH của một dung dịch đơn acid yếu bất kì.

** Có thể đơn giản hoá phép tính một cách gần đúng như sau:*

Nếu $K_a.C_a > 10^{-12} >> Kw = 10^{-14}$ Có thể coi H_2O phân li không đáng kể

Nếu > 400 hay $\alpha < 0,05$ có thể coi HA phân li không đáng kể

$[H^+]^2 = K_a.C_a \rightarrow [H^+] =$ **pH = (pK_a-lgC_a)**

4. Tính pH của dung dịch đơn base yếu BOH C_b (M) Hằng số K_b = ***(Dạng 4)***

BOH ⇆ $B^+ + OH^-$ **K_b**

H_2O ⇆ $H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Lí luận tương tự, ta có :

Nếu $K_b.C_b > 10^{-12} >> Kw = 10^{-14}$ Có thể coi H_2O phân li không đáng kể

Nếu > 400 hay $\alpha < 0,05$ có thể coi MOH phân li không đáng kể

$[OH^-]^2 = K_b.C_b \rightarrow [OH^-] =$

pOH = (pK_b-lgC_b)

Hay : pH = 14- pOH = 14 - (pK_b-lgC_b)

5. Tính pH của dung dịch đa acid yếu H_nA C_a (M) Hằng số K_{a1} ,K_{a2} ,K_{a3}.....,K_{an} ***(Dạng 5)***

Ví dụ : H_3A ⇆ $H^+ + H_2A^-$ K_{a1}

H_2A^- ⇆ $H^+ + HA^{2-}$ K_{a2}

HA^{2-} ⇆ $H^+ + A^{3-}$ K_{a3}

H_2O⇆ $H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Thông thường , đối với các đa acid thì : $K_{a1} >> K_{a2} >> K_{a3} >> ..... >> K_{an}$ và $C_a.K_{a1} >> Kw = 10^{-14}$

Nên có thể coi $[H^+]$ trong dung dịch chủ yếu do sự phân li ở nấc thứ 1 quyết định .

Tính pH của dung dịch đa acid này tương tự đơn acid yếu .

pH = (pK_{a1}-lgC_a)

6. Tính pH của dung dịch đa base yếu : ***(Dạng 6)***

Lí luận tương tự, ta có :

Thông thường , đối với các đa base thì : $K_{b1} >> K_{b2} >> K_{b3} >> ..... >> K_{bn}$ và $C_b.K_{b1} >> Kw = 10^{-14}$

Nên có thể coi $[OH^-]$ trong dung dịch chủ yếu do sự phân li ở nấc thứ 1 quyết định .

Tính pH của dung dịch đa base này tương tự đơn base yếu .

pOH = (pK_{b1}-lgC_b)

Hay : pH = 14- pOH = 14 - (pK_{b1}-lgC_b)

7. Tính pH của dung dịch muối ***(Dạng 7)***

7.1. Tính pH của dung dịch muối trung hoà :

7.1.a. Tính pH của dd muối trung hoà tạo bởi acid mạnh và base mạnh

Các ion trong dung dịch không bị thuỷ phân ➞ Môi trường trung tính pH = 7

7.1.b. Tính pH của dd muối trung hoà tạo bởi acid mạnh và base yếu

Ví dụ : $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

+ Về mặt định tính :

Ion Cl^- không bị thủy phân

Ion NH_4^+ là một acid yếu ➞ Môi trường acid pH < 7

+ Về mặt định lượng :

Tương tự như tính pH của dung dịch đơn hoặc đa acid yếu .

7.1.c. Tính pH của dd muối trung hoà tạo bởi acid yếu và base mạnh

Ví dụ : $CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$

+ Về mặt định tính :

Ion Na^+ không bị thủy phân

Ion CH_3COO^- là một base yếu ➞ Môi trường base pH > 7

+ Về mặt định lượng :

Tương tự như tính pH của dung dịch đơn hoặc đa base yếu .

7.1.d. Tính pH của dd muối trung hoà AB nồng độ C_M tạo bởi acid yếu HA K_{a1} và base yếu BOH K_{b2}

+ Về mặt định tính :

Môi trường phụ thuộc vào hằng số K_{a1} ; K_{b2}

Nếu $K_{a1} \approx K_{b2}$ ➞ Môi trường gần như trung tính

Nếu $K_{a1} > K_{b2}$ ➞ Môi trường acid

Nếu $K_{a1} < K_{b2}$ ➞ Môi trường base

Về mặt định lượng :

$AB \rightarrow A^- + B^+$

$A^- + H_2O \rightleftarrows HA + OH^-$

$B^+ + H_2O \rightleftarrows BOH + H^+$

$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$

$K_{a1}=$; $K_{b2}=$; $Kw = [H^+].[OH^-] = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Bảo toàn nồng độ :

$[A^-] + [HA] = C$; $[B^+] + [BOH] = C$

Bảo toàn điện tích :

$[B^+] + [H^+] = [A^-] + [OH^-]$

Suy ra :

$[A^-] = [B^+] + [H^+] - [OH^-]$

$[HA] = C - [A^-] = C - [B^+] - [H^+] + [OH^-]$

$[BOH] = C - [B^+]$

➞ $K_{a1} =$

Mặt khác, trong dung dịch muối tạo bởi acid yếu và base yếu có thể coi:

$[H^+] - [OH^-] \approx 0$

➞ $K_{a1}= = $ Hay $K_{a1}= K_{b2} = K_{b2}$

Vậy :

$$\mathbf{[H^+] = \quad hay \quad pH = (pK_{a1} + pK_{a2})}$$

Hay :

$$\mathbf{pH = 7 + pK_{a1} - pK_{b2}}$$

Ví dụ :

Muối CH_3COONH_4 được tạo thành từ acid yếu CH_3COOH $pK_a = 4,75$ và base yếu NH_3 $pK_b = 4,8$

Định tính : $K_a \approx K_b$ ➞ Môi trường gần như trung tính

Định lượng : $pH = 7 + pK_a - pK_b = 7 + .4,75 - .4,8 = 6,98$

$CH_3COONH_4 \rightarrow CH_3COO^- + NH_4^+$

7.2. Tính pH của dd muối acid :

7.2.a. Tính pH của dd muối acid tạo bởi acid mạnh và base mạnh

Ví dụ : $NaHSO_4 \rightarrow Na^+ + HSO_4^-$

+ Về mặt định tính :

Ion Na^+ không bị thủy phân

Ion HSO_4^- là một acid khá mạnh phân li gần như hoàn toàn ➞ Môi trường acid $pH < 7$

+ Về mặt định lượng :

Tương tự như tính pH của dung dịch đơn hoặc đa acid yếu .

$NaHSO_4 \rightarrow Na^+ + HSO_4^-$

$C_M = 0,01M$

$HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$ $K_a = 10^{-2}$

$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$

Ta có : $K_aC >> Kw$ =>bỏ qua cân bằng của H_2O

HSO_4^-	$\rightleftarrows$	H^+	+	SO_4^{2-}	$K_a = 10^{-2}$
0,01		0		0	
x		x		x	
0,01-x		x		x	

$K_a = = 10^{-2}$ Vì K_a lớn hay < 400 nên không thể coi $0,01-x \approx 0,01$

=> Giải phương trình bậc hai, ta có : $x = 6,18.10^{-3}$ => $pH = -\lg[H^+] = 2,21$

7.2.b. Tính pH của dd muối acid tạo bởi acid yếu H_2A và base mạnh MOH

.Cân bằng trong dung dịch muối :

$HA^- \rightleftarrows H^+ + A^{2-}$ K_{a2}

$HA^- + H^+ \rightleftarrows H_2A$ K_{a1}^{-1}

$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$

Coi trong dung dịch có 2 quá trình phân li cho ion A^{2-} :

$HA^- \rightleftarrows H^+ + A^{2-}$ K_{a2}

$2HA^- \rightleftarrows H_2A + A^{2-}$ $K_{a2}.K_{a1}^{-1}$ (2)

Nếu $K_{a2}.C << K_{a2}.K_{a1}^{-1}.C^2$ hay $K_{a1} << C$ => Cân bằng 2 là chủ yếu

$2HA^-$ H_2A + A^{2-} $K_{a2}.K_{a1}^{-1}$
C 0 0
2x x x
C- 2x x x
$K_{a2}.K_{a1}^{-1}$ = ⇔ =
Mặt khác : K_{a2} = ⇔ $[H^+] = K_{a2}$
→ $[H^+] = K_{a2}$ = = Vậy : **pH = (pK_{a1} + pK_{a2})**
Phạm vi áp dụng : Kw >> $K_{a2}C$ và K_{a1} << C

8. Tính pH của dung dịch đệm: ***(Dạng 8)***

* Định nghĩa : Dung dịch đệm là dung dịch có pH hoàn toàn xác định được tạo nên khi trộn dung dịch của acid yếu và base yếu với muối của chúng với base mạnh hay acid mạnh.
Ví dụ : CH_3COOH và CH_3COONa được gọi là đệm axetat
NH_4Cl và NH_3 được gọi là đệm amoni
* Đặc điểm :
Dung dịch đệm có pH ít thay đổi khi ta thêm vào dung dịch một lượng nhỏ acid mạnh hoặc base mạnh hoặc pha loãng dung dịch.(không quá loãng)
* Thành phần hệ đệm : HA C_a (M)và NaA C_b (M)
Cân bằng :
NaA → $Na^+ + A^-$ $[Na^+] = C_b$
HA $H^+ + A^-$ K_a
H_2O $H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C
Ta có các phương trình :
K_a = → $[H^+] = K_a$;
$[H^+][OH^-] = Kw = 1,0.10^{-14}$
Bảo toàn nồng độ : $[HA] + [A^-] = C_a + C_b$
Bảo toàn điện tích : $[Na^+] + [H^+] = [OH^-] + [A^-]$

Từ các biểu thức trên, suy ra : **$[H^+] = K_a$** So sánh $[H^+] \approx K_a$ với $[H^+]$ của nước nguyên chất = $1,0.10^{-7}$ M
+Trường hợp 1:
Nếu $[H^+] \approx K_a > 1,0.10^{-7}$ → Môi trường acid
Có thể bỏ qua nồng độ $[OH^-]$ trong biểu thức trên Vậy : **$[H^+] = K_a$**
+Trường hợp 2:
Nếu $[H^+] \approx K_a < 1,0.10^{-7}$ → Môi trường base
Có thể bỏ qua nồng độ $[H^+]$ trong biểu thức trên Vậy : **$[H^+] = K_a$**
Trường hợp 3: C_a , C_b >> $[H^+]$, $[OH^-]$ (hay gặp trong thực tế)
Có thể bỏ qua cả nồng $[H^+]$, $[OH^-]$ trong biểu thức trên
Vậy : **$[H^+] = K_a$** → $pH = pK_a$ **- lg**
Vậy phạm vi áp dụng của công thức tính pH trên là:
K_aC_a , K_bC_b >> Kw và $[H^+]$, $[OH^-]$ << C_a , C_b

5.4. Chuẩn độ acid – base.

❖ **Khái niệm**

- **Chuẩn độ** là phương pháp xác định nồng độ của một chất bằng một dung dịch chuẩn đã biết nồng độ.
- **Điểm tương đương** là thời điểm mà hai chất tác dụng vừa đủ với nhau.
- **Để nhận biết điểm tương đương** người ta dùng những chất chỉ thị acid – base gây ra sự đổi màu ở khoảng pH gần với điểm tương đương.
- **Thời điểm để kết thúc chuẩn độ** được xác định bằng sự đổi màu của chất chỉ thị phenolphthalein.

❖ **Nguyên tắc**

Trong phòng thí nghiệm, để tính nồng độ của dung dịch base mạnh (ví dụ NaOH), người ta chuẩn độ bằng một dung dịch acid mạnh (ví dụ HCl) đã biết trước nồng độ mol dựa trên phản ứng:

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$

Ta có: $nHCl = nNaOH \leftrightarrow V_{HCl}.C_{HCl} = V_{NaOH}.C_{NaOH} \leftrightarrow C_{NaOH} = \frac{V_{HCl}.C_{HCl}}{V_{NaOH}}$

Trong đó:

- C_{HCl} và C_{NaOH} lần lượt là nồng độ mol của dung dịch HCl và dung dịch NaOH.
- V_{HCl} và V_{NaOH} lần lượt là thể tích của dung dịch HCl và dung dịch NaOH (cùng đơn vị đo).

Khi biết V_{HCl}, V_{NaOH} trong quá trình chuẩn độ và biết C_{HCl} sẽ tính được C_{NaOH}

6. Cân bằng trong dung dịch các hệ: acid – base, dị thể, tạo phức và các hệ phức tạp.

6.1. Cân bằng trong dung dịch các hệ acid – base

❖ **Đối với acid**

- **acid :** $A + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$
- **Áp dụng định luật tác dụng khối lượng:** $K = \frac{[B] \times [H_3O^+]}{[A] \times [H_2O]}$
- **Hằng số cân bằng:** $\Rightarrow K \times [H_2O] = \frac{[B][H_3O^+]}{[A]}$.
- Đây là một hằng số gọi là **hằng số acid, ký hiệu là K_A** $\Rightarrow K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[A]}$

  → Vậy **$pK_A = -lgK_A$: được gọi là chỉ số acid.**

  ⇒ Hằng số acid K_A càng lớn (tức chỉ số acid pK_A càng nhỏ) thì lực acid càng mạnh.
- ***Ví dụ*:** acid CH_3COOH ($K_A = 1{,}86.10^{-5}$, pKA = 4,73) mạnh hơn acid HCN ($K_A = 7{,}2.10^{-10}$, pK_A = 9,14)
- ***Chú ý*:** [] là ký hiệu của nồng độ ở trạng thái cân bằng

❖ **Đối với base**

- **Base** $B + H_2O \rightleftharpoons A + OH^-$
- Hằng số b**ase**

$$K_B = K \times [H_2O] = \frac{[A][OH^-]}{[B]}$$

- **Chỉ số base: $pK_B = -lgK_B$**

  ⇒ **Hằng số base K_B** càng lớn (tức chỉ số base pK_B càng nhỏ) thì lực base càng mạnh.
- ***Ví dụ*:** NH_3 ($K_{NH3} = 1{,}79 \times 10^{-5}$, $pK_{NH3} = 4{,}75$) là base mạnh hơn $C_6H_5NH_2$ ($K_{C_6H_5NH_2} = 410 \times 10^{-10}$, $pK_B = 9{,}4$)

❖ **Liên hệ giữa K_A và K_B của một cặp acid – base liên hợp**

Ta có: $$K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[A]}$$

$$K_B = \frac{[A][OH^-]}{[B]}$$

$\Rightarrow K_A \times K_B = [H_3O^+][OH^-] = K_W$

Vậy $pK_A + pK_B = pK_W = 14$

$\Rightarrow$ Từ đó cho ta thấy: acid càng mạnh thì base liên hợp càng yếu

6.2. Cân bằng trong dung dịch các hệ dị thể

6.2.1 Định luật tác dụng khối lượng

Tại T,p = const , diễn ra phản ứng :

$$aA + bB + \ldots \rightleftharpoons cC + dD + \ldots$$

=> Thế đẳng áp của phản ứng (ΔG_{pu}) được xác định bởi phương trình :

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT\ln \frac{(C)^c (D)^d \ldots}{(A)^a (B)^b \ldots} = \Delta G^0 + RT\ln Q \qquad (I)$$

ΔG^0 là thế đẳng áp của phản ứng ở điều kiện chuẩn .

(i) là hoạt độ của chất i .

Khi phản ứng đạt đến trạng thái cân bằng => $\Delta G = 0$

$$(I) \Rightarrow \Delta G^0 = -RT\ln \left(\frac{(C)^c (D)^d \ldots}{(A)^a (B)^b \ldots}\right)_{cb} \qquad (II)$$

$$\text{Từ (II)} \Rightarrow \ln \left(\frac{(C)^c (D)^d \ldots}{(A)^a (B)^b \ldots}\right)_{cb} = -\frac{\Delta G^o}{RT} = f(T) \qquad (III)$$

$$\text{Khi T = const} \Rightarrow \frac{(C)^c (D)^d \ldots}{(A)^a (B)^b \ldots} = \text{const} = K_a \qquad (IV)$$

$$\Rightarrow \Delta G^0 = -RT\ln K_{cb} \qquad (V)$$

$$\text{Từ (I)} \Rightarrow \Delta G = -RT\ln K_{cb} + RT\ln Q = RT\ln \frac{Q}{K_{cb}} \qquad (VI)$$

Tuỳ thuộc vào đặc điểm các chất trong phương trình phản ứng mà K_{cb} có thể được biểu thị ở các hình thức khác nhau.

6.2.1. Cân bằng hoá học đồng thể trong pha khí lý tưởng.

A. Hằng số cân bằng K_p

Đối khí lý tưởng : Hoạt độ (i) = p_i (áp suất riêng phần)

$\Rightarrow K_p = K_{cb} = f(T)$

$$\Rightarrow K_p = \left[\frac{P_c^c . P_D^d \ldots .}{P_A^a . P_B^b \ldots}\right]_{cb} \qquad (VII)$$

Ví dụ : Phản ứng : $2Cl_{2(k)} + 2H_2O_{(k)} \rightleftharpoons 4HCl_{(k)} + O_{2(k)}$ (*)

Giả sử các khí trong phản ứng (*) đều được coi là lý tưởng.

$$\Rightarrow K_p = \left[\frac{P_{HCl}^4 \cdot P_{O_2}}{P_{Cl_2}^2 \cdot P_{H_2O}^2}\right]_{cb}$$

$$Q = \frac{P_{HCl}^4 \cdot P_{O_2}}{P_{Cl_2}^2 \cdot P_{H_2O}^2}$$

$$\Rightarrow \Delta G = RT \ln Q - RT \ln Kp$$

b. Hằng số cân bằng theo số mol K_n

Ta có : $P_i = \frac{n_i}{n}.P$

n : tổng số mol các khí ; P là áp suất toàn phần của hệ .

$$\Rightarrow K_p = \left[\frac{n_c^c \cdot n_D^d \ldots}{n_A^a \cdot n_B^b \ldots}\right]^{\Delta v} \cdot \left(\frac{P}{n}\right)^{\Delta v}$$

Với $\Delta v = (c + d + \ldots) - (a + b + \ldots)$

Ta có : $P \cdot V = n.RT \Rightarrow \frac{P}{n} = \frac{RT}{V}$

$$\Rightarrow K_P = K_n \cdot \left(\frac{RT}{V}\right)^{\Delta v}$$

c. Hằng số cân bằng K_c (Hằng số cân bằng nồng độ)

$$p_i = [i].RT$$

[i] là nồng độ chất i ở thời điểm cân bằng.

$$\Rightarrow K_p = \left(\frac{[C]^c [D]^d \ldots}{[A]^a [B]^b \ldots}\right)(RT)^{(c + d + \ldots) - (a + b + \ldots)}$$

Đặt : $\Delta n = (c + d + \ldots) - (a + b + \ldots)$

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d \ldots}{[A]^a [B]^b \ldots}$$

$$\Rightarrow K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad \Rightarrow K_c = \frac{Kp}{(RT)^{\Delta n}} = f(T)$$

R = 0,082 atm. lit /độ . mol .

d. Đại lượng K_x

Ta có : áp suất riêng phần $P_i = x_i \cdot P_T$ (P_T là áp suất toàn phần)

Trong đó : $x_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ $\Rightarrow K_p = K_x \cdot P^{\Delta n}$

với $K_x = \frac{x_c^c \cdot x_D^d \ldots}{x_A^a \cdot x_B^b \ldots}$

$$\Rightarrow K_x = \frac{Kp}{P^{\Delta n}} \Rightarrow K_x = f(T, P_T)$$

$\Rightarrow$ K_x không phải là hằng số cân bằng.

e. Thứ nguyên của K_p, K_c, K_x.

$$K_p = \frac{P_c^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \quad [atm^{(c + d + \ldots) - (a + b + \ldots)}]$$

$$K_c = \frac{(C)^c (D)^d \dots}{(A)^a (B)^b \dots}$$ [(nồng độ)$^{\Delta n}$]

K_x không có đơn vị

6.2.3. Đối với phản ứng dị thể:

Vì áp suất ảnh hưởng rất ít đến chất ngưng tụ (Chất rắn, chất lỏng), vì vậy trong các biểu thức hằng số cân bằng K không có mặt thành phần của chất ngưng tụ.

Ví dụ: $C_{(gr)} + CO_{2(g)} \leftrightarrow 2CO_{(g)}$

$$K_p = \left(\frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2}}\right)_{cb} \qquad K_C = \left(\frac{[CO]^2}{[CO_2]}\right)_{cb}$$

;

6.3. Cân bằng trong dung dịch các hệ tạo phức

Các phức chất được tạo thành từ các phân tử hay ion, có khả năng tồn tại độc lập trong dung dịch. Các phức chất có thể trung hòa điện hoặc tích điện âm hay dương. Phức chất gồm nhóm trung tâm (hay chất tạo phức) liên kết với phối tử bằng tương tác tĩnh điện hay liên kết phối trí. Số phối trí của phức phụ thuộc vào bản chất của ion trung tâm, bản chất của phối tử và quan hệ nồng độ giữa chúng. Thí dụ một số phản ứng tạo phức:

$Ag^+ + 2NH_3 \rightarrow Ag(NH_3)_2^+$

$Cd^{2+} + CN^- \rightarrow Cd(CN)^+$

Trong trường hợp phức chất là ion thì bên cạnh ion phức còn có ion đối, vì vậy để phân biệt, người ta viết ion phức trong dấu ngoặc (cầu nội) để phân biệt với ion đối (cầu ngoại). Ví dụ: $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$…

Để đặc trưng cho độ bền của phức chất người ta thường sử dụng các hằng số bền hoặc hằng số tạo thành từng nấc. Ví dụ:

$Zn^{2+} + NH_3 \rightarrow Zn(NH_3)^{2+}$ $\beta_1 = 10^{2,21}$

$Zn(NH_3)^{2+} + NH_3 \rightarrow Zn(NH_3)_2^{2+}$ $\beta_2 = 10^{2,29}$

$Zn(NH_3)_2^{2+} + NH_3 \rightarrow Zn(NH_3)_3^{2+}$ $\beta_3 = 10^{2,36}$

Để đặc trưng cho độ bền của phức người ta cũng dùng cả hằng số không bền từng nấc K và hằng số không bền tổng cộng K'. Các đại lượng này là nghịch đảo với các gía trị hằng số bền tương ứng . Ví dụ

$Zn(NH_3)_3^{2+} \rightarrow Zn(NH_3)_2^{2+} + NH_3$ $K_1 = \beta_3^{-1} = 10^{-2,36}$

$Zn(NH_3)_2^{2+} \rightarrow Zn(NH_3)^{2+} + NH_3 \rightarrow$ $K_2 = \beta^{-1}_2 = 10^{-2,29}$

$Zn(NH_3)^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + NH_3$ $K_3 = \beta_1^{-1} = 10^{-2,21}$

6.4. Cân bằng trong dung dịch các hệ phức tạp

Xét ví dụ $2 \times$ | $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl_{(k)}$ (1) ΔG^0_I

$1 \times$ | $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O_{(k)}$ (2) ΔG^0_{II}

$2Cl_2 + 2H_2O_{(k)} \rightleftharpoons 4HCl_{(k)} + O_{2(k)}$ ΔG^0_{III}

=> $\Delta G^0_{III} = 2\Delta G^0_I - \Delta G^0_{II}$

$\Delta G^0 = -RT \ln K_p$

=> $-RT \ln K_{p(III)} = -(RT \ln K^2_{P(I)} - RT \ln K_{P(II)})$

$$\frac{K^2_{P(I)}}{K_{P(II)}} = K^2_{P(I)} \cdot K^{-1}_{P(II)}$$

=> $K_{P(III)} =$

=> *Một phản ứng là tổng đại số của các phản ứng thành phần thì hằng số cân bằng của phản ứng đó là tích các hằng số cân bằng của các phản ứng thành phần với luỹ thừa là phần đóng góp của phản ứng đó trong phản ứng tổng*

7. Đại cương về phân tích các ion trong dung dịch.

7.1. Hệ thống phân tích các cation

Nhóm	Ion	Thuốc thử nhóm	Đặc điểm
I	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	HCl 6M	Tủa clorid trắng, không tan trong HNO_3
II	Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}	H_2SO_4 3M/cồn 90°	Tủa sulfat, không tan trong acid vô cơ, acid acetic
III	Al^{3+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}	NaOH 3M dư	Hydroxyd lưỡng tính, tan trong kiềm dư
IV	Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}	NaOH và H_2O_2	Hydroxyd không tan trong kiềm dư
V	Cu^{2+}, Co^{2+}, Hg^{2+}	NH_4OH dư	Hydroxyd, tạo phức tan trong NH_4OH dư
VI	Na^+, K^+, NH_4^+	Không có thuốc thử nhóm	

❖ **Tóm tắt các phản ứng đặc trưng của cation nhóm I**

Thuốc thử	Ag^+	Pb^{2+}	Hg_2^{2+}
HCl loãng	Tủa trắng AgCl, tan trong NH_4OH dư	Tủa trắng $PbCl_2$, tan trong nước nóng	Tủa trắng Hg_2Cl_2, tác dụng với NH_4OH tạo hỗn hợp NH_2HgCl + Hg^0 đen xám
H_2SO_4 loãng		Tủa trắng $PbSO_4$	Tủa trắng Hg_2SO_4
NaOH/KOH	Tủa đen Ag_2O	Tủa trắng $Pb(OH)_2$, tan trong kiềm dư tạo PbO_2^{2-}	Tủa đen Hg_2O
NH_4OH dư	Tạo phức $[Ag(NH_3)_2]^+$	Tủa trắng $Pb(OH)_2$	Tủa $[Hg_2ONH_2]NO_3$ + Hg^0
K_2CO_3/ Na_2CO_3	Tủa trắng Ag_2CO_3	Tủa trắng $Pb_2(OH)_2CO_3$	$Hg_2CO_3 \rightarrow HgO + Hg + CO_2$
K_2CrO_4	Tủa đỏ nâu Ag_2CrO_4	Tủa vàng $PbCrO_4$, tan trong kiềm dư	Tủa đỏ Hg_2CrO_4
KI	Tủa vàng AgI	Tủa vàng PbI_2, tan trong nước nóng	Tủa vàng xanh Hg_2I_2, nếu dư thuốc thử tạo thành Hg^0 + HgI_4^{2-}

❖ **Tóm tắt các phản ứng đặc trưng của cation nhóm II**

Thuốc thử	**Ba^{2+}**	**Sr^{2+}**	**Ca^{2+}**
H_2SO_4 loãng	Tủa trắng $BaSO_4$	Tủa trắng $SrSO_4$	Tủa trắng $CaSO_4$ tan nhiều trong nước
Na_2CO_3	Tủa trắng $BaCO_3$	Tủa trắng $SrCO_3$	Tủa trắng $CaCO_3$
K_2CrO_4 - Trung tính - Acid	- Tủa vàng $BaCrO_4$ - Tủa vàng $BaCrO_4$	- Tủa vàng $SrCrO_4$	
$(NH_4)_2C_2O_4$	Tủa trắng BaC_2O_4	Tủa trắng SrC_2O_4	Tủa trắng CaC_2O_4
Thử màu ngọn lửa	Vàng lục	Đỏ thẫm	Đỏ gạch

❖ **Tóm tắt các phản ứng đặc trưng của Al^{3+} và Zn^{2+}**

Thuốc thử	**$_{Al}3+$**	**$_{Zn}2+$**
NaOH dư	AlO_2^-	ZnO_2^{2-}
Na_2CO_3	Tủa keo trắng $Al(OH)_3$	Tủa trắng $Zn_2(OH)_2CO_3$
NH_4OH dư	Tủa keo trắng $Al(OH)_3$	Phức tan $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$
MTA		- Có mặt vết Cu^{2+}: tạo tủa tím - Có mặt vết Co^{2+}: tạo tủa lục
Aluminon	Tủa bông đỏ	

❖ **Tóm tắt các phản ứng đặc trưng của cation nhóm IV**

Thuốc thử	**Fe^{3+}**	**Mn^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Bi^{3+}**
NaOH	Tủa nâu $Fe(OH)_3$	Tủa trắng $Mn(OH)_2$, hóa nâu trong không khí	Tủa trắng $Mg(OH)_2$	Tủa trắng $Bi(OH)_3$
Na_2CO_3	Tủa trắng $Fe(OH)CO_3$	Tủa trắng $MnCO_3$	Tủa trắng $MgCO_3$	Tủa trắng $Bi(OH)CO_3$
Na_2HPO_4	Tủa vàng nhạt $FePO_4$	Tủa trắng $Mn_3(PO_4)_2$	Tủa $MgHPO_4$ hoặc trong môi trường NH_4OH - NH_4Cl	Tủa trắng $BiPO_4$

			cho tủa $MgNH_4PO_4$	
KI				Tủa đen BiI_3, nếu dư KI tạo $KBiI_4$ màu cam
KSCN	Tủa đỏ máu $Fe(SCN)_3$ hoặc dư SCN^- tạo phức tan đỏ máu $[Fe(SCN)_6]^{3-}$			
$K_4[Fe(CN)_6]$	Tủa xanh phổ $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$			

❖ **Tóm tắt các phản ứng đặc trưng của cation Cu^{2+} và Hg^{2+}**

Thuốc thử	**Cu^{2+}**	**Hg^{2+}**
NaOH	$Cu(OH)_2$ xanh kết tủa đen CuO	Tủa vàng HgO
NH_4OH dư	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ xanh lam đậm	$[Hg(NH_3)_4]^{2+}$
$Na_2S_2O_3$	Tủa đen CuS tan trong HNO_3	Tủa đen HgS, không tan trong HNO_3
KI	Tủa trắng CuI + I_2	Tủa đỏ cam HgI_2, nếu dư KI tạo phức tan màu vàng nhạt $[HgI_4]^{2-}$
$SnCl_2$/NaOH		Tủa đen Hg
NH_4SCN	Tủa đen $Cu(SCN)_2$	Tủa trắng $Hg(SCN)_2$, nếu dư NH_4SCN thì tạo phức $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$

7.2. Hệ thống phân tích các anion

Nhóm	**Ion**	**Thuốc thử**	**Đặc điểm**
I	**Cl^-, Br^-, I^-, SCN^-**, CN^-, S^{2-}, $S_2O_3^{2-}$	$AgNO_3$ trong HNO_3 loãng	Tủa
II	SO_3^{2-}, **SO_4^{2-}**, AsO_3^{3-}, **PO_4^{3-}**, **BO_2^-**, **CO_3^{2-}**	$BaCl_2$ trong môi trường trung tính hay kiềm nhẹ	Tủa trắng tan trong acid trừ $BaSO_4$
III	**NO_3^-**, NO_2^-, MnO_4^-, ClO_3^-, CH_3COO^-, **$C_2O_4^{2-}$**	Không có thuốc thử nhóm	

Phần II: HỆ THỐNG BÀI TẬP THEO KIẾN THỨC LÝ THUYẾT CÓ PHÂN DẠNG

Mỗi dạng ít nhất 5 bài.

1. Cân bằng hóa học: Phản ứng thuận nghịch. Cân bằng hóa học. Hằng số cân bằng. Các yếu tố ảnh hưởng đến cân bằng. Sự chuyển dời cân bằng. Năng lượng tự do ΔG và cân bằng hóa học.

Bài 1: Hỗn hợp khí X gồm N_2 và H_2 có tỉ khối so với He bằng 1,8. Đun nóng X một thời gian trong bình kín (có bột Fe làm xúc tác), thu được hỗn hợp khí Y có tỉ khối so với He bằng 2. Hiệu suất của phản ứng tổng hợp NH_3 là bao nhiêu?

Giải

- Xác định tỉ lệ mol ban đầu:

$$M_X = d_{X/He}.M_{He} = 1,8.4 = 7,2g/mol$$

Áp dụng quy tắc đường chéo ta được $\frac{n_{H_2}}{n_{N_2}} = \frac{4}{1}$ => tính hiệu suất theo N_2

Chọn $n_{N_2} = 1(mol); n_{H_2} = 4(mol)$

	$N_{2(k)}$ +	$3H_{2(k)}$ ⇌	$2NH_{3(k)}$
Ban đầu C_0	1	4	
Phản ứng	x ←	3x ←	2x
Cân bằng	1- x	4 - 3x	2x

$\sum n_{khi,sau} = 5 - 2x$

Bình kín, nên khối lượng trước và sau được bảo toàn

$$\Rightarrow \frac{M_s}{M_t} = \frac{n_t}{n_s} \Rightarrow \frac{8}{7,2} = \frac{5}{5-2x} \Rightarrow x = 0,25$$

$$H_{p/u} = \frac{n_{N_2 p/u}}{n_{N_2 bd}} \times 100 = 25\%$$

Bài 2: Một bình phản ứng có dung tích không đổi, chứa hỗn hợp khí N_2 và H_2 với nồng độ tương ứng là 0,3 M và 0,7 M. Sau khi phản ứng tổng hợp NH_3 đạt trạng thái cân bằng ở t^0C, H_2 chiếm 50% thể tích hỗn hợp thu được. Hằng số cân bằng K_C ở t^0C của phản ứng có giá trị là bao nhiêu?

Giải

- Phản ứng xảy ra trong bình kín (dung tích không đổi) nên biến đổi mol khí tỉ lệ biến đổi nồng độ mol khí.

	$N_{2(g)}$ +	$3H_{2(g)}$ ⇌	$2NH_{3(g)}$	
Ban đầu C_0	0,3	0,7		(M)
Phản ứng	x →	3x →	2x	(M)
Cân bằng	0,3 - x	0,7 - 3x	2x	(M)

Do H_2 chiếm 50% tổng thể tích hỗn hợp sau phản ứng

nên $\frac{0,7-3x}{1-2x} = 0,5 \rightarrow x = 0,1mol$

$$\rightarrow Kc = \frac{[NH_3]^2}{[N_2].[H_2]^3} = \frac{(2.0,1)^2}{(0,3-0,1)(0,7-3.0,1)^3} = 3,125$$

Bài 3:

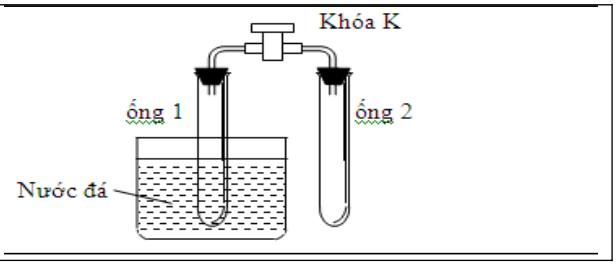
a. Phản ứng thu nhiệt, phản ứng toả nhiệt là gì?

b. Phân tích ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ tới cân bằng hoá học.

c. Giải thích sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiện tượng chuyển màu của ống nghiệm sau:

$2NO_{2\,(g)}$ ⇌ $N_2O_{4\,(g)}$ $\Delta H = 58kJ$

(màu nâu đỏ) (không màu)



Giải:

a. Phản ứng toả nhiệt là các phản ứng hoá học kèm theo sự giải phóng năng lượng dưới dạng nhiệt. Qui ước lượng nhiệt toả ra là $\Delta H < 0$.

Ví dụ : khi tôi vôi, vôi sống tác dụng với nước theo phản ứng

$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2\,(aq)}$

Lượng nhiệt toả ra của phản ứng được nước hấp thụ đạt đến nhiệt độ sôi tạo hiện tượng nước sôi lên.

Phản ứng thu nhiệt là các phản ứng hoá học kèm theo sự hấp thụ năng lượng dưới dạng nhiệt. Qui ước lượng nhiệt toả ra là $\Delta H > 0$.

Ví dụ: khi nung đá vôi $CaCO_3$ để sản xuất vôi sống theo phản ứng

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{t^0} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

Để phản ứng xảy ra thì ta phải liên tục cung cấp nhiệt cho phản ứng. Nếu ngừng cung cấp nhiệt thì phản ứng sẽ chậm lại và dừng hẳn.

b. Theo qui ước: phản ứng toả nhiệt có $\Delta H < 0$ và phản ứng thu nhiệt $\Delta H > 0$.

- Đối với phản ứng toả nhiệt, khi cung cấp thêm nhiệt độ thì chênh lệch giữa lượng nhiệt cung cấp với nhiệt độ toả của phản ứng tăng lên không nhiều nên tuy tốc độ phản ứng tăng nhưng sẽ tăng chậm hơn so với ban đầu. Nếu hạ nhiệt độ thì chênh lệch nhiệt độ hạ với nhiệt độ toả của phản ứng lớn dẫn đến tốc độ phản ứng tăng.

- Đối với phản ứng thu nhiệt, khi cung cấp thêm nhiệt độ thì chênh lệch giữa lượng nhiệt cung cấp với nhiệt độ thu của phản ứng tăng khá lớn nên tốc độ phản ứng tăng nhanh, mạnh hơn so với ban đầu. Nếu hạ nhiệt độ thì chênh lệch nhiệt độ hạ với nhiệt độ thu của phản ứng không nhiều dẫn đến tốc độ phản ứng tăng nhưng sẽ tăng chậm hơn so với ban đầu.

- Do đó khi tăng nhiệt độ của hệ cân bằng thì tốc độ của chiều thu nhiệt sẽ tăng nhanh và mạnh hơn so với chiều toả nhiệt → cân bằng chuyển dịch theo chiều của phản ứng thu nhiệt.

- Khi hạ nhiệt độ của hệ cân bằng thì tốc độ của chiều toả nhiệt sẽ tăng nhanh và mạnh hơn so với chiều thu nhiệt → cân bằng chuyển dịch theo chiều của phản ứng toả nhiệt.

Kết luận: *khi tăng nhiệt độ, cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thu nhiệt, nghĩa là chiều làm giảm tác động của việc tăng nhiệt độ và khi giảm nhiệt độ , cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng toả nhiệt, chiều làm giảm tác động của việc giảm nhiệt độ.*

c. Xét cân bằng: $N_2O_{4\,(g)}$ ⇌ $2NO_{2\,(g)}$ $\Delta H = 58kJ$

(không màu) (màu nâu đỏ)

- Chiều thuận (v_t) : $N_2O_{4\,(g)} \rightarrow 2NO_{2\,(g)}$, $\Delta H = 58kJ > 0$→ nếu phản ứng theo chiều thuận thì cứ 1 mol $N_2O_{4(g)}$ phản ứng tạo thành 2 mol $NO_{2(g)}$ thì cần cung cấp một lượng nhiệt là 58kJ.

- Chiều nghịch (v_n): $2NO_{2\,(g)} \rightarrow N_2O_{4\,(g)}$, $\Delta H = -58kJ < 0$ → nếu phản ứng theo chiều nghịch thì cứ 2 mol $NO_{2(g)}$ phản ứng tạo thành 1 mol $N_2O_{4(g)}$ thì sẽ toả ra một lượng nhiệt là 58 kJ.

- Trong thí nghiệm của đề bài thì ống nghiệm được đặt trong chậu nước đá nên đây là thí nghiệm hạ nhiệt độ của hệ phản ứng. Lúc này tốc độ của phản ứng nghịch sẽ cao hơn tốc độ của phản ứng thuận ($v_n > v_t$) nên cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch làm màu của hỗn hợp nhạt hơn so với ống nghiệm để bên ngoài chậu nước đá.

Bài 4:

a. Phân tích ảnh hưởng của yếu tố áp suất tới cân bằng hoá học.

b. Giải thích sự ảnh hưởng của áp suất đến quá trình sản xuất amoniac trong công nghiệp:

$N_{2\,(g)} + 3H_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3\,(g)}$

c. Khi thay đổi áp suất thì cân bằng nào sau đây sẽ không chuyển dịch?

(1) $H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightleftharpoons 2HI\,(g)$

(2) $2NO\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$

(3) $CO\,(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2\,(g)$

(4) $CaCO_3\,(s) \rightleftharpoons CaO\,(s) + CO_2\,(g)$

(5) $3Fe\,(s) + 4H_2O\,(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4\,(s) + 4H_2\,(g)$

Giải:

a. Xét phản ứng $aA_{(k)} + bB_{(k)} \rightleftharpoons cC_{(k)} + dD_{(k)}$ với (a+b) > (d+c)

- Phản ứng thuận A + B → C + D (I) là chiều giảm tổng mol khí và có tốc độ phản ứng thuận v_t.
- Phản ứng nghịch C+ D → A+ B (II) là chiều tăng tổng mol khí và có tốc độ phản ứng nghịch v_n.
- Nếu tăng áp suất thì do (a+b) > (d+c) nên mật độ phân tử A, B tăng mạnh hơn mật độ phân tử C, D trong thể tích → tốc độ phản ứng thuận v_t và nghịch v_n đều tăng nhưng nên tốc độ $v_t > v_n$ → cân bằng chuyển dịch chiều thuận.
- Nếu giảm áp suất thì do (a+b) > (d+c) nên khả năng va chạm A, B với số phân tử (a+b) để tạo ra phản ứng khó khăn hơn so với khả năng va chạm C, D với số phân tử (c+d) để tạo ra phản ứng → tốc độ phản ứng thuận v_t và nghịch v_n đều tăng nhưng nên tốc độ $v_t < v_n$ → cân bằng chuyển dịch chiều nghịch.

Kết luận: *khi tăng hoặc giảm áp suất chung của hệ cân bằng, thì cân bằng bao giờ cũng chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động của việc tăng hoặc giảm áp suất đó.*

- Chú ý : nếu cân bằng có (a+b) = (c+d) thì sự thay đổi của áp suất không ảnh hưởng tới chuyển dịch cân bằng.

b. Trong phản ứng : $N_{2\,(k)} + 3H_{2\,(k)} \rightleftharpoons 2NH_{3\,(k)}$

- Chiều thuận (v_t) $N_{2\,(k)} + 3H_{2\,(k)} \rightarrow 2NH_{3\,(k)}$ là chiều giảm mol khí (từ 4 mol khí giảm xuống thành 2 mol khí).
- Chiều nghịch (v_n) $2NH_{3\,(k)} \rightarrow N_{2\,(k)} + 3H_{2\,(k)}$ là chiều tăng mol khí (từ 2 mol khí tăng thành 4 mol khí).
- Khi tăng áp suất chung của hệ thì $v_t > v_n$ → cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận để giảm tổng mol khí.
- Khi giảm áp suất chung của hệ thì $v_n > v_n$ → cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch để tăng tổng mol khí.

c. Xét các cân bằng

(1) $H_2\,(k) + I_2\,(k) \rightleftharpoons 2HI\,(k)$, có chiều thuận hay chiều nghịch mol khí đều bằng nhau (vế trái 2 mol khí, vế phải 2 mol khí) → sự thay đổi của áp suất sẽ không ảnh hưởng tới chuyển dịch cân bằng.

(2) $2NO\,(k) + O_2\,(k) \rightleftharpoons 2NO_2\,(k)$, có chiều thuận là chiều giảm mol khí (từ 3 mol khí tạo thành 2 mol khí) và chiều nghịch là chiều tăng mol khí (từ 2 mol khí tạo thành 3 mol khí) → khi tăng áp suất , cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận để làm giảm tổng mol khí.

(3) $CO\,(k) + Cl_2(k) \rightleftharpoons COCl_2\,(k)$, có chiều thuận là chiều giảm mol khí (từ 2 mol khí tạo thành 1 mol khí) và chiều nghịch là chiều tăng mol khí (từ 1 mol khí tạo thành 2 mol khí) → khi tăng áp suất , cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận để làm giảm tổng mol khí.

(4) $CaCO_3\,(r) \rightleftharpoons CaO\,(r) + CO_2\,(k)$, có chiều thuận là chiều tăng mol khí (từ 0 mol khí tạo 1 mol khí) và chiều nghịch là chiều giảm mol khí (từ 1 mol khí giảm về 0 mol khí) → khi tăng áp suất , cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch để làm giảm tổng mol khí.

(5) chiều thuận hay chiều nghịch mol khí đều băng nhau (vế trái 2 mol khí, vế phải 2 mol khí) → sự thay đổi của áp suất sẽ không ảnh hưởng tới chuyển dịch cân bằng.

→ Cân bằng (1) và (5) không chịu ảnh hưởng với nhiệt độ.

Bài 5: Thực hiện phản ứng sau trong bình kín dung tích 10 L:

$$N_{2\,(k)} + 3H_{2\,(k)} \rightleftharpoons 2NH_{3\,(k)};\ \Delta H^o = -46\ kJ.mol^{-1}.$$

Nếu xuất phát từ hỗn hợp chứa N_2 và H_2 theo tỉ lệ số mol đúng bằng hệ số tỉ lượng 1: 3 thì khi đạt tới trạng thái cân bằng (450°C, 300 atm) NH_3 chiếm 36% thể tích hỗn hợp.

a. Tính hằng số cân bằng K_C.

b. Nêu các yếu tố ảnh hưởng lên cân bằng của phản ứng trên. Cho biết điều kiện tối ưu để tổng hợp ammonia.

Giải

1.2 $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}\ \Delta_r H^0_{298} = -46 kJ.mol^{-1}$

a

$$Ban\,đầu: 1 \quad 3 \quad -$$

$$Cân\,bằng: 1-x \quad 3-3x \quad 2x$$

$$\sum n_{sau} = (1-x) + (3-3x) + 2x = 4 - 2x\ (mol)$$

$$\%V_{NH_3} = \frac{2x}{4-2x}.100\% = 36\% \Rightarrow x = 0{,}529\ (mol)$$

$$\%n_{N_2} = 1 - 0{,}529 = 0{,}471\ mol$$

$$\%n_{H_2} = 3 - 3\,.\,0{,}529 = 1{,}413\ mol$$

$$K_c = \frac{C^2_{NH_3}}{C^3_{H_2}.C_{N_2}} = \frac{1{,}058^2}{(1{,}413)^3.0{,}471}\,.\,10^2 = 84{,}24$$

b Nêu được 3 yếu tố ảnh hưởng lên cân bằng trên

- Nồng độ
- Nhiệt độ
- Áp xuất

Nêu được điều kiện tối ưu

P khoảng (150 – 200 bar)

Nhiệt độ 400°C đến 450°C

Bài 6:

Sự phụ thuộc của hằng số cân bằng vào nhiệt độ đối với cân bằng: $PCl_{5(k)} \rightleftharpoons PCl_{3(k)} + Cl_{2(k)}$

được thể hiện bằng biểu thức: $\ln K_P = \frac{-10074}{T} + 1{,}75\,lnT + 8{,}70$ với T là nhiệt độ (K).

Tính K_P, ΔG^0, ΔS^0 của phản ứng tại 200°C. Coi ΔS^0 không phụ thuộc vào nhiệt độ.

Giải:

Tính K_p tại 200°C = 473K:

$$\ln K_p = -\frac{10074}{473} + 1{,}75\ln 473 + 8{,}70 \rightarrow K_p = 0{,}162$$

$\Delta G^0_{pư} = -\,RT\ln K_p = 8{,}314.473.\ln 0{,}162 = 7157\ J$

Mặt khác, ta có: $\Delta G^0_{pư} = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

$$\frac{d\Delta G}{dT} = -\Delta S^0$$

$= -1{,}75R\ln T - 1{,}75R - 8{,}70534R$

$\Delta S^0_{473K} = 1{,}75.8{,}314.\ln 473 + 1{,}75.8{,}314 + 8{,}70534.8{,}314 = 176{,}5\ J.K^{-1}$

Bài 7: Cho phản ứng "khí nước":

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2\,(g)} + H_{2\,(g)}$$

a. Tính ΔG^o của phản ứng ở 1000K.

Biết rằng $\Delta H^o_{1000K} = 35040$ J.mol^{-1}, $\Delta S^o_{1000K} = 32,11$ J.mol^{-1}.K^{-1}.

b. Tính hằng số cân bằng K_C, K_P của phản ứng ở 1000K.

c. Một hỗn hợp khí chứa 35% thể tích khí H_2, 45% thể tích khí CO và 20% thể tích hơi nước được nung tới 1000K. Tính thành phần phần trăm về thể tích của khí CO_2 trong hỗn hợp ở trạng thái cân bằng.

Giải:

$\Delta G^o_{1000K} = \Delta H^o - T.\Delta S^o = 35040 - 1000.32,11 = 2930$ (J)

$\Delta G^o_{1000K} = -RT\ln K_P \Rightarrow K_P = 0,703$.

Vì số mol trước và sau phản ứng không đổi ($\Delta n = 0$) nên $K_C = K_P = 0,703$.

Giả sử hỗn hợp khí ban đầu có số mol là 1 mol.

Suy ra: $n_{CO} = 0,45$; $n_{H2} = 0,35$ và $n_{H2O} = 0,2$; $n_{CO2} = 0$.

	$CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$		$CO_{2(g)} + H_{2(g)}$	
Ban đầu:	0,45	0,2	0	0,35
Phản ứng:	x	x	x	x
Cân bằng:	0,45-x	0,2-x	x	0,35+x

$$K_C = \frac{(0,45-x)(0,2-x)}{x(0,35+x)} = 0,703 \Rightarrow x = 0,104$$

Vậy ở trạng thái cân bằng khí CO_2 chiếm 10,4% về thể tích.

2. Khái niệm về dung dịch. Sự hòa tan. Độ tan.

Bài 1: Tính độ tan của $Ca_3(PO_4)_2$ trong nước ở 20^{0}C biết rằng ở nhiệt độ đó $K_{S(Ca_3(PO_4)_2)} = 10^{-32,5}$.

Giải

$Ca_3(PO_4)_2$ tan ít trong nước và khi tan phân li theo phương trình:

$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-}$$

$$K_{sCa_3(PO_4)_2} \; K_{S(Ca_3(PO_4)_2)} = [Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2$$

Gọi độ tan của $Ca_3(PO_4)_2$ là S thì ta có:

$$[Ca^{2+}] = 3S;\ [PO_4^{3-}] = 2S$$

Vậy: $K_{sCa_3(PO_4)_2} \; K_{S(Ca_3(PO_4)_2)} = [Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2 = (3S)^3(2S)^2 = 3^3.2^2.S^5$

Do đó: $S = \sqrt[5]{\frac{K_S(Ca_3(PO_4)_2}{3^3.2^2}} = \sqrt[5]{\frac{10^{-32,5}}{3^3.2^2}} \; \sqrt[5]{\frac{T_{Ca_3(PO_4)_2}}{3^2.2^2}} \; \sqrt[5]{\frac{10^{-32,5}}{3^2.2^2}}$

$$\lg S = (-32,5 - 3\lg 3 - 2\lg 2)/5 = -6,9 \rightarrow S = 10^{-6,9} = 1,3.10^{-7}M$$

Bài 2: Tính độ tan của $PbSO_4$ trong nước nguyên chất và trong dung dịch Na_2SO_4 10^{-2}M cho biết $K_{s(PbSO_4)} \; K_{S(PbSO_4)} = 1,6.10^{-8}$.

Giải:

Độ tan của $PbSO_4$ trong nước nguyên chất:

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{2+} + SO_4^{2-}$$

$$S = \sqrt{K_S(PbSO_4)} = \sqrt{1,6.10^{-8}} \; \sqrt{K_{s(PbSO_4)}} = 1,26.10^{-4}\ M.$$

Độ tan của $PbSO_4$ trong dung dịch Na_2SO_4 10^{-2}M.

Gọi độ tan là S thì:

$$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{2+} + SO_4^{2-}$$

Do đó: $[Pb^{2+}] = S$

$[SO_4^{2-}] = (S + 10^{-2})$

$$K_{s(PbSO_4)} \; K_{S(PbSO_4)} = [Pb^{2+}].[SO_4^{2-}] = S(S + 10^{-2})$$

Giả sử $S \ll 10^{-2}$ ta có:

$K_{s(PbSO_4)}$ $K_{S(PbSO_4)}$ = S.10^{-2} = 1,6.10^{-8} suy ra S = 1,6.10^{-6} M

Vậy độ tan của $PbSO_4$ trong dung dịch Na_2SO_4 nhỏ hơn độ tan của nó trong nước nguyên chất rất nhiều.

Bài 3: Tích số tan của CaC_2O_4 ở 20^0C bằng 2.10^{-9}. Hãy so sánh độ tan của nó trong nước và trong dung dịch $(NH_4)_2C_2O_4$ 0,1M.

Giải:

Độ tan của CaC_2O_4 ở 20^0C trong nước nguyên chất:

$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + C_2O_4^{2-}$

S = $\sqrt{K_S(CaC_2O_4)} = \sqrt{2.10^{-9}}$ $\sqrt{K_{s(CaC¿¿2O_4)}¿}$ = 4,5.10^{-5} M

Độ tan của CaC_2O_4 trong dung dịch $(NH_4)_2C_2O_4$ 0,1M

$(NH_4)_2C_2O_4 \rightarrow 2NH_4^+ + C_2O_4^{2-}$

$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + C_2O_4^{2-}$

Gọi độ tan của CaC_2O_4 trong dung dịch $(NH_4)_2C_2O_4$ 0,1M là S:

$[Ca^{2+}] = S$; $[C_2O_4^{2-}] = S + 0,1$

Giả sử S << 0,1 thì $[C_2O_4^{2-}] = 0,1$

$K_{s(CaC¿¿2O_4)¿}$ $K_S(CaC_2O_4)$ $= [Ca^{2+}] . [C_2O_4^{2-}] = S. 0,1 = 2.10^{-9}$

S = 2.10^{-8} (M)

Vậy: Độ tan của CaC_2O_4 trong $(NH_4)_2C_2O_4$ 0,1M nhỏ hơn độ tan của nó trong nước rất nhiều.

Bài 4: Tính độ tan của $PbCl_2$ trong $NaClO_4$ 0,10 M. Phép tính có kể đến hiệu ứng lực ion.

Giải:

Lực ion I = 0,5.($[Na^+] + [ClO_4^-]$) = 0,10

$PbCl_2\downarrow \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2Cl^-$ $K_s = 10^{-4,8}$ (1)

S 2S

$Pb^{2+} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+$ $\beta^*_{PbOH^+}=10^{-6,2}$

Ở lực ion I = 0,1 có thể áp dụng phương trình Davies để tính f_i :

$lgf_{Cl^-} = lgf_{H^+} = lgf_{PbOH^+} = lgf_I$

= -0,5($\sqrt{0,1}/(1+\sqrt{0,1})\sqrt{0,1}/(1+\sqrt{0,1})$ - 0,1.0,2)= -0,11

→ f_1 = 0,776 và $lgf_{Pb^{2+}} = lgf_2 = 2^2lgf_1 = -0,44 \rightarrow f_2 = 0,363$

Thay các giá trị f_1 và f_2 vào (1) và (2) để tính K_s^c và $\beta^*_{PbOH^+}$

$K_s^c = K_s.f_1^{-2}.f_2^{-1} = 10^{-4,8}.1/(0,776^2.0,363) = 10^{-4,14}$

$\beta^c_{PbOH^+} = \beta^*_{PbOH^+} . f_1^{-2}.f_2 = 10^{-7,8}.0,363/(0,776)^2 = 10^{-8,02}$

Đánh giá khả năng tạo phức hydrate của Pb^{2+} với

$C_{Pb^{2+}} \approx S_0 = \sqrt[3]{\frac{10^{4,14}}{4}}$ $\sqrt[3]{\frac{10-4,14}{4}}$ = 0,0263M

$Pb^{2+} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+$ $\beta^*_{PbOH^+} = 10^{-6,2}$

C 0,0263

[] 0,0263 – x x x

Ta có: $x^2/(0,0263-x) = 10^{-6,2} \rightarrow x = 1,29.10^{-4} << 0,0263$M, nghĩa là $[PbOH^+] \lll [Pb^{2+}]$ do đó có thể bỏ qua sự tạo phức hydrate của Pb^{2+}.. Như vậy trong dung dịch cân bằng (1) là chính, độ tan của $PbCl_2$ chính là độ tan S_0.

$K_s^c = [Pb^{2+}][Cl^-] = 4S^3 \rightarrow S = S_0 = 2,63.10^{-2}$M.

Bài 5: Tính :

a, Tích số tan điều kiện của $NiCO_3$ ở pH = 8,0.

b, Độ tan của $NiCO_3$ ở pH = 8.

Giải:

$NiCO_3\downarrow \rightleftharpoons Ni^{2+} + CO_3^{2-}$ $K_s = 10^{-6,87}$

$Ni^{2+} + H_2O \rightleftharpoons NiOH^+ + H^+$ $\beta^*_{NiOH^+} = 10^{-8,94}$

$CO_3^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-$ $K_{a2}^{-1} = 10^{10,33}$

$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2O + CO_2$ $K_{a1}^{-1} = 10^{6,35}$

a, Tính tích số tan điều kiện: K_s'

$K_s' = K_s \,.\, \alpha_{Ni^{2+}} \,.\alpha_{CO3^{2-}}$

Với: $\alpha_{Ni^{2+}} = (1 + \beta^*_{NiOH^+}.[H^+]^{-1}) = (1 + 10^{-8,94\ +8,0}) = 1,1148$

$\alpha^{-1}_{CO3^{2-}} = \dfrac{K_{a1}.K_{a2}}{h^2 + K_{a1}.h + K_{a1}.K_{a2}} = \dfrac{10^{-16,68}}{10^{-16} + 10^{-14,35} + 10^{16,68}}$ $\dfrac{K_{a1}.K_{a2}}{¿¿¿}$ $= 0,00455$

Vậy: $K_s' = 10^{-6,87}.1,1148\,.(0,00455)^{-1} = 3,3.10^{-5} = 10^{-4,48}$.

b, Xét cân bằng chính:

$NiCO_3\downarrow \rightleftharpoons Ni^{2+} + CO_3^{2-}$ $K_s' = 10^{-4,48}$

Vậy độ tan $S' = \sqrt{K_S'}\sqrt{K_s'} = 10^{-2,24} = 5,75.10^{-3}$M.

3. Sự điện li. Chất điện li. Độ điện li. Hằng số điện li. Định luật bảo toàn nồng độ.

Bài 1: Giá trị pH của dung dịch HCOOH 1M ($K_a = 1,77.10^{-4}$) là bao nhiêu?

Phương trình điện li :

$HCOOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+$ (1); $K_a = \dfrac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$

bđ:	C_o			
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$ αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o	αC_o

Tại thời điểm cân bằng ta có :

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\alpha C_o)^2}{C_o - \alpha C_o} = \frac{\alpha^2 C_o}{1-\alpha} = 1,77.10^{-4} \quad (2)$$

Với $C_o = 1$M, thay vào (2) ta có phương trình :

$$\alpha^2 + 1,77.10^{-4}\alpha - 1,77.10^{-4} = 0 \Rightarrow \alpha = 0,0132$$

Theo (1) $[H^+] = \alpha C_o = 0,0132\text{M} \Rightarrow pH = -\lg[H^+] = 1,88$.

Bài 2: Trong 1 Lít dung dịch CH_3COOH 0,01M có $6,26.10^{21}$ phân tử chưa phân li và ion. Độ điện li α của CH_3COOH ở nồng độ đó là (biết số Avogađro=$6,02.10^{23}$)là bao nhiêu?

Giải:

Phương trình điện li :

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ (1); $K_a = \dfrac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

bđ:	C_o			
p.li	αC_o	$\rightarrow$	αC_o	$\rightarrow$ αC_o
cb:	$C_o - \alpha C_o$		αC_o	αC_o

Theo (1) và giả thiết ta thấy tổng nồng độ chất tan và ion ở thời điểm cân bằng là :

$(C_o - \alpha C_o) + \alpha C_o + \alpha C_o = C_o + \alpha C_o = \frac{n}{V} = \frac{6,26.10^{21}}{6,02.10^{23}.1} = 0,010398 \Rightarrow \alpha = 3,98\%.$

Bài 3: Cho dung dịch CH_3COOH 0,1M, $K_a = 1,8.10^{-5}$. Để độ điện li của acid axetic giảm một nửa so với ban đầu thì khối lượng CH_3COOH cần phải cho vào 1 lít dung dịch trên là (Cho C=12; H=1; O=16) ?

Giải:

Sử dụng công thức gần đúng $K_a = \alpha^2 C_o$ cho dung dịch chất điện li yếu CH_3COOH.

Gọi C_o là nồng độ gốc của dung dịch CH_3COOH, có độ điện li là α. Sau khi thêm acid CH_3COOH vào dung dịch để độ điện li là $0,5\alpha$ thì nồng độ của dung dịch là C_1.

Vì hằng số cân bằng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nên ta có :

$K_a = \alpha^2 C_o$ và $K_a = (0,5\alpha)^2 C_1 \Rightarrow \alpha^2 C_o = (0,5\alpha)^2 C_1 \Rightarrow C_1 = 4C_o = 0,4M.$

Khối lượng CH_3COOH trong 1 lít dung dịch ban đầu là 0,1.60 = 6 gam.

Tổng khối lượng CH_3COOH trong dung dịch mới (có độ điện li giảm đi một nửa so với dung dịch ban đầu) là 0,4.60 =24 gam. Vậy khối lượng CH_3COOH đã thêm vào là 24 – 6 =18 gam.

Bài 4: Dung dịch X gồm HNO_3 0,20 M và H_3PO_4 0,20M.

a. Tính pH của dung dịch X.

b. Tính thể tích dung dịch KOH 0,10M cần để trung hoà 100 ml dung dịch X đến pH = 4,2.

Biết H_3PO_4 có $pKa_1 = 2,15$; $pKa_2 = 7,21$; $pKa_3 = 12,32$.

Giải:

Dung dịch X có các cân bằng:

(1) $H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $\quad Ka_1 = 10^{-2,15}$

(2) $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$ $\quad Ka_2 = 10^{-7,21}$

(3) $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$ $\quad Ka_3 = 10^{-12,32}$

(4) $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $\quad K_w = 10^{-14}$.

Do $Ka_1 >> Ka_2 >> Ka_3 > K_w$, vì vậy cân bằng (1) là chủ yếu.

Xét cân bằng:

	$H_3PO_4 \rightleftharpoons$	H^+ +	$H_2PO_4^-$	$Ka_1 = 10^{-2,15}$.
Co	0,2		0,2	
CB	0,2 – x		0,2 + x	x

$Ka_1 = \frac{(0,2+x)x}{0,2-x} = 10^{-2,15} \Rightarrow x = 6,625.10^{-3}$

pH = - lg (0,2 + 6,845 . 10^{-3}) = 0,684.

Phản ứng trung hoà lần lượt:

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ (5)

$H_3PO_4 + OH^- \rightarrow H_2PO_4^- + H_2O$ (6)

Nếu sau phản ứng chỉ có $H_2PO_4^-$ (chất lưỡng tính) thì:

pH = ($pKa_1 + pKa_2$)/2 = 4,68 > 4,2

⇒ Phản ứng trung hoà nấc thứ nhất của H_3PO_4 là chưa hết.

⇒ Thành phần giới hạn gồm H_3PO_4 và $H_2PO_4^-$ là hệ đệm, nên có:

$pH = pKa_1 + \lg(\frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}}) \Rightarrow 4,2 = 2,15 + \lg(\frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}}) \Rightarrow \frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}} = 112,2$

Đặt $C_{H_3PO_4}$ = x ⇒ $C_{H_2PO_4^-}$ = 112,2x

Ta có: $n_{H_3PO_4\ bđ}$ = 113,2x.(0,1 + V) = 0,02 (1)

⇒ $n_{KOH\ pư} = n_{H^+} + n_{H_2PO_4^-}$

⇒ 0,1.V = 0,1.0,2 + 112,2x.(0,1 + V) (2)

Từ (1) và (2) ⇒ V = 398,234 ml.

Bài 5: Tính thể tích (mL) dung dịch $H_2C_2O_4$ 0,1M cần thêm vào 10,0 mL dung dịch Y chứa $CaCl_2$ 0,0100M và HCl 10^{-3}M để bắt đầu xuất hiện kết tủa CaC_2O_4.

Biết $H_2C_2O_4$ có $K_{a1} = 10^{-1,27}$; $K_{a2} = 10^{-4,25}$; $K_S\ (CaC_2O_4) = 10^{-8,75}$.

Giải:

Các quá trình xảy ra trong dung dịch sau khi trộn:

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

$H_2C_2O_4 \rightleftarrows H^+ + HC_2O_4^-$ $K_{a1} = 10^{-1,27}$ (1)

$HC_2O_4^- \rightleftarrows H^+ + C_2O_4^{2-}$ $K_{a2} = 10^{-4,25}$ (2)

$Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightleftarrows CaC_2O_4$ (3)

- Y có môi trường acid nên bỏ qua sự tạo phức hydrate của Ca^{2+}, nên $[Ca^{2+}] = \frac{10.0,01}{V_1+10}$

- Áp dụng ĐL bảo toàn nồng độ đầu, ta được:

$C(H_2C_2O_4) = [C_2O_4^{2-}] + [HC_2O_4^-] + [H_2C_2O_4]$

$= [C_2O_4^{2-}] + [H^+].[C_2O_4^{2-}] / K_{a2} + [H^+]^2.[C_2O_4^{2-}] / (K_{a1}.K_{a2})$

$= [C_2O_4^{2-}] . (1 + [H^+] / K_{a2} + [H^+]^2 / (K_{a1}.K_{a2}))$

⇨ $[C_2O_4^{2-}] = \frac{C_{H_2C_2O_4}}{1+¿¿¿} = \frac{V_1.0,1}{V_1+10} \cdot \frac{K_{a1}K_{a2}}{¿¿}$ (M)

- Điều kiện để có CaC_2O_4 bắt đầu kết tủa:

$K_s = [Ca^{2+}][C_2O_4^{2-}] = \frac{10.0,01}{V_1+10} \cdot \frac{V_1.0,1}{V_1+10} \cdot \frac{K_{a1}K_{a2}}{¿¿} = 10^{-8,75}$ (*)

Vì $K_S(CaC_2O_4) = 10^{-8,75}$ không quá lớn, và $C(H_2C_2O_4) >> C(Ca^{2+})$

nên giả sử $V_1 << 10,0$ mL và $[H^+] \sim C_{HCl} = 10^{-3}$ M.

Từ (*) tính được $V_1 = 3,4.10^{-4}$ mL

Thể tích dd $H_2C_2O_4 = 3,4.10^{-4}$ mL << $V_{dd\ Y}$ nên giả sử là hợp lí.

4. Acid – base – muối: định nghĩa, phân loại, danh pháp, tính chất chung, tính acid – base của các ion. Phản ứng trao đổi ion.

Bài 1: Hãy cho biết và giải thích các phân tử và ion nào là acid, base, trung tính hay lưỡng tính theo thuyết Bronstet: HI, CH_3COO^-, $H_2PO_4^-$, PO_4^{3-}, NH_3, S^{2-}, HPO_4^{2-}, Na^+, NH_4^+, CO_3^{2-}, K^+, Cl^-.

Hướng dẫn giải

$HI + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + I^-$

Do HI nhường H^+ ⇒ HI là acid

$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$

Do CH_3COO^- nhận H^+ ⇒ CH_3COO^- là base

$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows HPO_4^{2-} + H_3O^+$

$H_2PO_4^- + H_2O \rightleftarrows H_3PO_4 + OH^-$

Do $H_2PO_4^-$ có thể nhường H^+ cũng có thể nhận $H^+ \Rightarrow H_2PO_4^-$ là lưỡng tính.

$PO_4^{3-} + H_2O \rightleftarrows HPO_4^{2-} + OH^-$

Do PO_4^{3-} nhận $H^+ \Rightarrow PO_4^{3-}$ là base

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

Do NH_3 nhận $H^+ \Rightarrow NH_3$ là base

$S^{2-} + H_2O \rightleftarrows HS^- + OH^-$

Do S^{2-} nhận $H^+ \Rightarrow S^{2-}$ là base

$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows PO_4^{3-} + H_3O^+$

$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftarrows H_2PO_4^- + OH^-$

Do HPO_4^{2-} có thể nhường H^+ cũng có thể nhận $H^+ \Rightarrow HPO_4^{2-}$ là lưỡng tính.

Na^+, K^+, Cl^- không thể nhận H^+ cũng không thể nhường H^+

$\Rightarrow$ chúng là trung tính

$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$

Do NH_4^+ nhường $H^+ \Rightarrow NH_4^+$ là acid

$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$

Do CO_3^{2-} nhận $H^+ \Rightarrow CO_3^{2-}$ là base

Bài 2: Cho các dung dịch: Na_2CO_3, KCl, CH_3COONa, NH_4Cl, $NaHSO_4$. Dự đoán môi trường và khoảng pH của các dung dịch trên.

Hướng dẫn giải

$Na_2CO_3 \longrightarrow 2Na^+ + CO_3^{2-}$; $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$

Do tạo ra OH^- nên dung dịch Na_2CO_3 có môi trường base và pH > 7.

$KCl \longrightarrow K^+ + Cl^-$. Ion K^+ và Cl^- trung tính nên dung dịch KCl có môi trường trung tính và pH = 7.

$CH_3COONa \longrightarrow Na^+ + CH_3COO^-$; $CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$

Do tạo ra OH^- nên dung dịch CH_3COONa có môi trường base và pH > 7.

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$; $NH_4^+ \rightleftarrows NH_3 + H^+$

Do tạo ra H^+ nên dung dịch NH_4Cl có môi trường acid và pH < 7.

$NaHSO_4 \longrightarrow Na^+ + HSO_4^-$; $HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$

Do tạo ra H^+ nên dung dịch $NaHSO_4$ có môi trường acid và pH < 7.

Bài 3: Viết phương trình dạng phân tử ứng với phương trình ion rút gọn sau:

a) $Ba^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow BaCO_3$

b) $Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3$

c) $NH_4^+ + OH^- \longrightarrow NH_3 + H_2O$

d) $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$

e) $Cu(OH)_2 + 2H^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2H_2O$

f) $S^{2-} + 2H^+ \longrightarrow H_2S$

g) $HClO + OH^- \longrightarrow ClO^- + H_2O$

h) $CO_2 + 2OH^- \longrightarrow CO_3^{2-} + H_2O$

i) $Cr^{3+} + ? \longrightarrow Cr(OH)_3$ j) $Pb^{2+} + ? \longrightarrow PbS$

k) $Ag^{+} + ? \longrightarrow AgCl$ l) $Ca^{2+} + ? \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2$

Hướng dẫn giải

a) $BaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow BaCO_3\downarrow + 2NaCl$

Hay $Ba(NO_3)_2 + K_2CO_3 \longrightarrow BaCO_3\downarrow + 2KNO_3$

b) $FeCl_3 + 3NaOH \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl$

c) $NH_4Cl + NaOH \xrightarrow{t^o} NaCl + NH_3\uparrow + H_2O$

d) $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$ hay $H_2SO_4 + 2KOH \longrightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$

hoặc $2HNO_3 + Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba(NO_3)_2 + 2H_2O$

e) $Cu(OH)_2\downarrow + 2HCl \longrightarrow CuCl_2 + 2H_2O$

hay $Cu(OH)_2\downarrow + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 2H_2O$

f) $Na_2S + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2S\uparrow$

hay $K_2S + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + H_2S\uparrow$

g) $HClO + NaOH \longrightarrow NaClO + H_2O$

h) $CO_2\uparrow + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

i) $CrCl_3 + 3NaOH \longrightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NaCl$

j) $Pb(NO_3)_2 + Na_2S \longrightarrow PbS\downarrow + 2NaNO_3$

k) $AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$

hay $AgNO_3 + HCl \longrightarrow AgCl\downarrow + HNO_3$

l) $3CaCl_2 + 2Na_3PO_4 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaCl$

Bài 4: Viết phương trình hóa học (dưới dạng phân tử và ion rút gọn) của phản ứng trao đổi trong dung dịch tạo thành từng kết tủa sau: $Cr(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Ni(OH)_2$, CuS, PbS, CdS, ZnS, FeS.

Hướng dẫn giải

$Cr(NO_3)_3 + 3NaOH \longrightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NaNO_3$

$Cr^{3+} + 3OH^{-} \longrightarrow Cr(OH)_3\downarrow$

$AlCl_3 + 3KOH \longrightarrow Al(OH)_3 + 3KCl$

$Al^{3+} + 3OH^{-} \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow$

$Ni(NO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow Ni(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

$Ni^{2+} + 2OH^{-} \longrightarrow Ni(OH)_2\downarrow$

$CuSO_4 + H_2S \longrightarrow CuS\downarrow + H_2SO_4$

$Cu^{2+} + S^{2-} \longrightarrow CuS\downarrow$

$Pb(NO_3)_2 + H_2S \longrightarrow PbS\downarrow + 2HNO_3$

$Cd^{2+} + S^{2-} \longrightarrow CdS\downarrow$

$Cd(NO_3)_2 + K_2S \longrightarrow CdS\downarrow + 2KNO_3$

$Cd^{2+} + S^{2-} \longrightarrow CdS\downarrow$

$ZnSO_4 + Na_2S \longrightarrow ZnS\downarrow + Na_2SO_4$

$Zn^{2+} + S^{2-} \longrightarrow ZnS\downarrow$

$FeCl_2 + K_2S \longrightarrow FeS\downarrow + 2KCl$

$Fe^{2+} + S^{2-} \longrightarrow FeS\downarrow$

Lưu ý: Kết tủa CuS, PbS, CdS và Ag_2S không tan trong acid mạnh.

Bài 5: Nêu hiện tượng và viết phương trình hóa học dạng ion thu gọn khi

a) cho từ từ dung dịch HCl vào dung dịch Na_2CO_3.
b) cho từ từ dung dịch NaOH vào dung dịch $AlCl_3$.
c) cho từ từ dung dịch $Ba(OH)_2$ vào dung dịch $Al_2(SO_4)_3$.
d) cho từ từ dung dịch KOH vào dung dịch $ZnSO_4$.
e) cho từ từ CO_2 vào dung dịch nước vôi trong.
f) cho từ từ dung dịch NH_3 vào dung dịch $Al(NO_3)_3$.
g) cho từ từ dung dịch NH_3 vào dung dịch $CuSO_4$.
h) cho từ từ dung dịch NH_3 vào dung dịch $ZnCl_2$.
i) cho từ từ dung dịch Na_2CO_3 vào dung dịch $AlCl_3$.

Hướng dẫn giải

a) $H^+ + CO_3^{2-} \longrightarrow HCO_3^-$ sau đó $H^+ + HCO_3^- \longrightarrow CO_2\uparrow + H_2O$
Hiện tượng: lúc đầu chưa thấy hiện tượng gì, sau đó có sủi bọt khí.

b) $Al^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow$ sau đó $Al(OH)_3\downarrow + OH^- \longrightarrow AlO_2^- + 2H_2O$
Hiện tượng: lúc đầu xuất hiện kết tủa keo trắng, kết tủa tăng dần đến cực đại rồi tan từ từ cho đến hết.

c) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow BaSO_4\downarrow$; $Al^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow$

Sau đó $Al(OH)_3\downarrow + OH^- \longrightarrow AlO_2^- + 2H_2O$
Hiện tượng: lúc đầu tạo ra kết tủa, kết tủa tăng dần đến cực đại rồi tan ra một phần.

d) $Zn^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2\downarrow$ sau đó $Zn(OH)_2\downarrow + 2OH^- \longrightarrow ZnO_2^{2-} + 2H_2O$
Hiện tượng: lúc đầu xuất hiện kết tủa, kết tủa tăng dần đến cực đại rồi tan từ từ cho đến hết.

e) $CO_2 + Ca^{2+} + 2OH^- \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

Sau đó $CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$
Hiện tượng: nước vôi từ trong hóa đục rồi lại từ đục hóa trong.

f) $3NH_3 + 3H_2O + Al^{3+} \longrightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$
Hiện tượng: xuất hiện kết tủa keo màu trắng.

g) $2NH_3 + 2H_2O + Cu^{2+} \longrightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NH_4^+$

Sau đó $Cu(OH)_2\downarrow + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$
Hiện tượng: xuất hiện kết tủa xanh sau đó tan dần tạo phức màu xanh lam.

h) $2NH_3 + 2H_2O + Zn^{2+} \longrightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NH_4^+$

Sau đó $Zn(OH)_2\downarrow + 4NH_3 \longrightarrow [Zn(NH_3)_4](OH)_2$
Hiện tượng: xuất hiện kết tủa sau đó tan dần do tạo phức.

i) $Al^{3+} + H_2O \longrightarrow Al(OH)^{2+} + H^+$

Sau đó $CO_3^{2-} + 2H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$
Hiện tượng: sủi bọt khí.

5. Tích số ion của nước, ý nghĩa. Dung dịch acid – base. pH và chất chỉ thị acid – base. Chuẩn độ acid – base.

Bài 1:
Phân tích những mệnh đề dưới đây (đúng hay sai):
a- Dung dịch có môi trường trung tính luôn có pH=7
b- Dung dịch CH_3COOH 10^{-2}M có pH=2
c- Dung dịch HCl 10^{-3}M có pH=3
d- Dung dịch HCl 10^{-8}M có pH=8

Trả lời :
a- Mệnh đề không chính xác vì hằng số Kw phụ thuộc vào nhiệt độ
ở 25^0C Kw = 10^{-14} , môi trường trung tính : $[H^+]=[OH^-]= 10^{-7}$M=> pH=7
ở $t^0 \neq 25^0$C Kw $\neq 10^{-14}$, môi trường trung tính : $[H^+]=[OH^-] \neq 10^{-7}$M=> pH≠7
b- Mệnh đề này sai vì CH_3COOH là acid yếu chỉ phân li một phần
$[H^+]<[CH_3COOH]= 10^{-2}$ M => pH > 2
c- Mệnh đề này đúng, vì HCl là acid mạnh phân li hoàn toàn, có nồng độ đủ lớn
$[H^+]=[HCl] = 10^{-3}$M >> $[H^+]= 10^{-7}$M(do nước điện li)
Có thể bỏ qua sự điện li của H_2O => pH = 3
d- Mệnh đề này sai vì HCl là acid mạnh điện li hoàn toàn nhưng nồng độ quá nhỏ nên $[H^+]$ do H_2O điện li là rất đáng kể
Nếu lấy pH= 8 là đã bỏ qua sự điện li của H_2O ,sai số quá mức cho phép dẫn tới vô lí dung dịch acid mà có môi trường base .
Định lượng câu d)

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ Kw = 1,0. 10^{-14} ở 25^0C

Giải phương trình bậc hai :
$[H^+]^2 - 10^{-8}.[H^+] - 10^{-14} = 0$ => $[H^+] = 1{,}05.10^{-7}$ => pH = 6,98

Bài 2: Tính pH của dung dịch CH_3COOH 0,1M ?

Bài giải :

$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$ $K_a = 1{,}8.10^{-5}$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ Kw = 1,0. 10^{-14} ở 25^0C

Ta có :
$K_a.C_a \geq 0{,}1.\ 1{,}8.10^{-5} = 1{,}8.10^{-6} >> Kw = 10^{-14}$ → có thể bỏ qua H^+ do nước điện li
= ≈ 5555,6 > 400 → Có thể coi $[HA] \approx C_a = 0{,}1M$
Vậy $[H^+]^2 = K_a.C_a$ → $[H^+] =$ = = $10^{-2,87}$M => pH = 2,87

Bài 3: Tính pH của dung dịch NH_3 10^{-2}M biết $K_b = 1{,}8.10^{-5}$?

Bài giải :

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $K_b = 1{,}8.10^{-5}$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ Kw = 1,0. 10^{-14} ở 25^0C

Ta có $K_b.C_b = 10^{-2}.1{,}8.10^{-5} = 1{,}8.10^{-7} >> Kw = 10^{-14}$ Có thể coi H_2O phân li không đáng kể
= 10^{-2} $1{,}8.10^{-5} \approx 400$

	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+ +$	OH^-
Ban đầu :	0,01M	0	0
Phân li	x	x	x
Cân bằng	0,01- x	x	x

K_b = = $1,8.10^{-5}$ = 10^{-2} $1,8.10^{-5} \approx 400$ => Không nên xem x << 0,01

=> Giải phương trình bậc hai, ta có : x = $4,15.10^{-4}$ => pOH = 3,38 => pH = 10,62

Bài 4: Tính nồng độ ion H^+, HCO_3^- ,CO_3^{2-} và pH trong dung dịch H_2CO_3 0,025M . Biết H_2CO_3 có $K_{a1} = 4,2.10^{-7}$, $K_{a2} = 4,8.10^{-11}$

H_2CO_3 H^+ + HCO_3^- $K_{a1} = 4,2.10^{-7}$

HCO_3^- H^+ + CO_3^{2-} $K_{a2} = 4,8.10^{-11}$

H_2O $H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Nhận xét :

$K_{a1} = 4,2.10^{-7}$ >> $K_{a2} = 4,8.10^{-11}$ và $C_a.K_{a1}$>>Kw nên có thể bỏ qua $[H^+]$ do nấc thứ 2 của acid và H_2O phân li

Chỉ tính $[H^+]$ dựa vào cân bằng nấc 1

Ta có : $[H^+] = [HCO_3^-]$ = = ≈ 1.10^{-4} M ➞ pH = 4

	HCO_3^-	H^+	+	CO_3^{2-}	$K_{a2} = 4,8.10^{-11}$
Ban đầu :	1.10^{-4} M	1.10^{-4} M		0	
Phản ứng :	x	x		x	
Cân bằng :	1.10^{-4} - x	1.10^{-4} + x		x	

K_{a2} = = $4,8.10^{-11}$

= = $2,1.10^{-6}$ >> 400 . Có thể coi x << 1.10^{-4} Suy ra : x ≈ $4,8.10^{-11}$

Vậy : $[H^+] = [HCO_3^-]$ = 1.10^{-4} M và $[CO_3^{2-}]$ = $4,8.10^{-11}$ M => pH = 4

Bài 5:

Muối Fe^{3+} bị thuỷ phân theo phương trình phản ứng sau:

$Fe^{3+} + H_2O$ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ $K = 4,0.10^{-3}$

a- Tính pH của dung dịch $FeCl_3$ 0,05M

b- Tính pH mà dung dịch phải có để 95% muối Fe^{3+} không bị thuỷ phân

Bài giải :

$Fe^{3+} + H_2O$ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ $K = 4,0.10^{-3}$

H_2O $H^+ + OH^-$ $Kw = 1,0.10^{-14}$ ở 25^0C

Ta có : $K.C = 0,05.4.10^{-3} = 2.10^{-4}$ >> Kw => Bỏ qua nồng độ H^+ do H_2O điện li

a-	Fe^{3+} + H_2O	$Fe(OH)^{2+}$ + H^+	$K = 4,0.10^{-3}$
Ban đầu :	0,05 M	0	0
Phản ứng :	x	x	x
Cân bằng :	0,05-x	x	x

K = = = $4,0.10^{-3}$ Vì = = 12,5 < 400 => Không thể coi x << 0,05

Giải phương trình bậc hai, ta có : x = $[H^+]$ = 0,0123 => pH = 1,19

b- Khi 95% muối Fe^{3+} không bị thuỷ phân, ta có tỉ lệ : =

Mặt khác : K = => K = $[H^+]$ = $4,0.10^{-3}$ => $[H^+] = 7,6.10^{-2}$ => pH = 1,12

6. Cân bằng trong dung dịch các hệ: acid – base, dị thể, tạo phức và các hệ phức tạp.

Bài 1:

Sulfuryldichloride SO_2Cl_2 là hoá chất phổ biến trong phản ứng Clo hoá. Tại 350^0C và 2 atm, phản ứng :

$SO_2Cl_{2(k)}$ $SO_{2\,(k)} + Cl_{2\,(k)}$ (1) $K_p = 50$

a. Tính % theo thể tích SO_2Cl_2 (khí) còn lại khi (1) đạt đến trạng thái cân bằng ở điều kiện đã cho.

b. Ban đầu dùng 150mol SO_2Cl_2 (khí) tính số mol Cl_2 (khí) thu được khi (1) đạt đến trạng thái cân bằng.

(Các khí được coi là lý tưởng.)

Bài giải

a, $SO_2Cl_{2(k)} \rightleftharpoons SO_{2\,(k)} + Cl_{2\,(k)}$ $K_p = 50$ atm

Ban đầu 2atm

Cân bằng (2 - y) atm y y atm

$$K_p = \frac{P_{SO_2} \cdot P_{Cl_2}}{P_{SO_2Cl_2}} = \frac{y^2}{2-y} = 50$$

$y^2 = 100 = 50y \Leftrightarrow y^2 + 50y - 100 = 0$

$\Rightarrow$ $y_1 = 1{,}92582$

$y_2 = -51{,}9258$

$\Rightarrow P_{Cl_2} = P_{SO_2} =$ 1,92582 (atm)

$\Rightarrow P_{SO_2Cl_2} =$ $7{,}418.10^{-2}$ (atm)

Vì % thể tích tỷ lệ thuận với % số mol

$P_T = P_{SO_2Cl_2} + P_{Cl_2} + P_{SO_2} =$ 3,92582 (atm)

$$\%\, V_{Cl_2} = \%\, V_{SO_2} = \frac{1{,}92582}{3{,}92582}.100\% = 49{,}055\%$$

$\%V_{SO_2Cl_2} = 1{,}89\%$

b, Ban đầu có 150 mol SO_2Cl_2

Tại thời điểm cân bằng $n_{SO_2} = n_{Cl_2} = 150\frac{1{,}92582}{2} = 144{,}4365\ mol$

Bài 2:

Cho cân bằng dị thể sau:

$$C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2\,(g)}$$

Tại 1000K , $K_p = 4{,}1$

a, Tính độ chuyển hoá (α) khi ban đầu người ta cho vào 1 bình phản ứng dung tích 10 lít một hỗn hợp gồm 24 gam C và 54 gam H_2O. Nhiệt độ trong bình phản ứng là 1000K.

b, Nếu tăng thể tích bình lên 100 lít. Xác định thành phần của các khí ở trong bình sau phản ứng. Tại 1000K. Các phản ứng trong phương trình phản ứng được coi là lý tưởng .

Bài giải

Ta có $P^0_{H_2O(k)} = n\frac{RT}{V} = 3.\frac{0{,}082 \cdot 1000}{10} = 24{,}6\ (atm)$

$C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2\,(g)}$ $K_p = 4{,}1$

Ban đầu 24,6

Cân bằng 24,6 - x x x

Ta có : $K_P = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}}{P_{H_2O}} = \frac{x^2}{24{,}6 - x} = 4{,}1$

$\Rightarrow$ $x^2 + 4{,}1x - 100{,}86 = 0 \Rightarrow x = 8{,}2$ (atm)

Độ chuyển hoá α = $\frac{x}{P^2_{H_2O}} = \frac{8{,}2}{24{,}6} = 0{,}333$

b, Tăng thể tích bình lên 100 lít

$$P_{H_2O} + P_{CO} + P_{H_2} = n_{n^2} \cdot \frac{0{,}82 \cdot 1000}{100} = 0{,}82\ n_{n^2}$$

$C_{(r)} + H_2O_{(k)} \rightleftharpoons CO_{(k)} + H_{2\,(k)}$

Ban đầu 3mol

Cân bằng 3 - x x x

$n_{n^2} = 3 - x + 2x = 3 + x$

=> $P_T = 0,82\ (3 + x)$

$$P_{CO} = P_{H_2} = \frac{x}{3+x} . P_T = 0,82\ x$$

$$P_{H_2O} = \frac{3-x}{3+x} . P_T = 0,82\ (3 - x)$$

=> $K_P = \frac{P_{CO} . P_{H_2}}{P_{H_2O}} = \frac{(0,82)^2 . x^2}{0,82\ (3-x)} = 4,1$

$x^2 = 15 - 5x \Leftrightarrow x^2 + 5x - 15 = 0$ => $x = 2,11$ (mol) > 2

=> Khi tăng lên 100 lít, cân bằngđã bị phá vỡ => Số mol khí trong bình :

$n_{CO} = n_{H_2} = 2mol$; $n_{H_2O} = 1mol$

$$P_T = 5 . \frac{0,82 . 1000}{1000} = 4,1\ (atm)$$

Bài 3: Cho dung dịch X chứa HCN 0,1M và KI 0,01M

a, Tính pH của dung dịch X

b, Cho $AgNO_3$ vào dung dịch X cho đến khi nồng độ $[NO_3^-] = 0,01M$ thu được dung dịch A và ↓ B (đều thuộc trong bình phản ứng). Xác định kết tủa B và pH của dung dịch A cùng nồng độ các ion trong dung dịch A.

c, Tính số mol NaOH cho vào bình phản ứng chứa 1 lít dung dịch A để kết tủa B tan vừa hết. Tính pH của dung dịch thu được (coi sự thay đổi thể tích là không đáng kể).

Cho HCN pKa = 9,3 $Ag(CN)_2^-$, lgβ = 21,1

AgCN↓ , $pK_s = 16$ AgI↓ , $pK_s = 16$

Bài giải

a, Tính pH

KI → K^+ + I^-

0,01 0,01 0,01

H_2O ⇌ H^+ + OH^- $K_w = 10^{-14}$

HCN ⇌ H^+ + CN^- $K_a = 10^{-9,3}$

=> Ta có K_a >> K_w => cân bằng của HCN sẽ quyết định pH của dung dịch .

HCN ⇌ H^+ + CN^- $K_a = 10^{-9,3}$

C 0,1

[ ] 0,1 - x x x

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} = \frac{x^2}{0,1-x} = 10^{-9,3}$$ (giả thiết x << 0,1)

=> $[H^+] = 10^{-5,15}$(M) => pH = 5,15

b, Khi cho $AgNO_3$ vào dung dịch X.

$AgNO_3$ → Ag^+ + NO_3^-

0,01 0,01 0,01

$Ag^+ + I^- \rightarrow AgI\downarrow$ (1) $K_1 = 10^{16}$

$Ag^+ + HCN \rightleftharpoons AgCN\downarrow + H^+$ (2) $K_2 = 10^{+6,7}$

$Ag^+ + 2HCN \rightleftharpoons Ag(CN)_2^- + 2H^+$ (3) $K_3 = 10^{2,5}$

Nhận xét : $K_1 >> K_2 >> K_3$

=> Do vậy kết tủa AgI sẽ tạo ra trước

$Ag^+ + I^- \rightarrow AgI\downarrow$ (1) $K_1 = 10^{16}$

K rất lớn, phản ứng coi như xảy ra hoàn toàn và số mol AgI trong 1 lít dung dịch A là 0,01mol .

Quá trình hoà tan AgI

$AgI + 2HCN \rightleftharpoons Ag(CN)^-_2 + I^- + 2H^+$ $K = K^{-1}_1 . K_3^2 = 10^{-13,5}$

C	0,1	0	0 =	0
[ ]	0,1 -x	x	x	2x

Ta có : $K = \frac{[Ag(CN)_2^-][I^-][H^+]^2}{[HCN]^2} = \frac{x^2(2x)^2}{(0,1-2x)^2} = 10^{-13,5}$

Giả thiết $x << \frac{0,1}{x}$ => $\frac{4x^2}{0,1^2} = 10^{-13,5}$ => $x = 9,43.10^{-3} << \frac{0,1}{2}$

=> $[Ag(CN)^-_2] = [I^-] = 9,43.10^{-5}$ (M)

$[H^+] = 2x = 1,886 . 10^{-4}$(M) => pH = 3,72

=> [HCN] = 0,1(M)

* => $[CN^-] = [HCN] . \frac{K_a}{[H^+]} = 0,1. \frac{10^{-9,3}}{10^{-3,72}} = 2,63.10^{-7}(M)$

$[Ag^+] = \frac{K_s}{[I^-]} = \frac{10^{-16}}{10^{-4,03}} = 1,1. 10^{-12}(M)$

=> $[Ag^+]\ [CN^-] = 2,9.10^{-19} < K_s = 10^{-16}$ => không có kết tủa AgCN

3. Khi cho NaOH vào dung dịch : $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

Phản ứng :

$AgI + 2HCN + 2OH^- \rightleftharpoons Ag(CN)^-_2 + I^- + 2H_2O$

$K = K_1^{-1}.K_3^2.K^{-2}_w = 10^{14,5}$

K rất lớn, phản ứng coi như xảy ra hoàn toàn.

Khi hoà tan vừa hết : $[Ag(CN)^-_2] = [I^-] = 10^{-2}$(M)

$[HCN] = 0,1 - 2.10^{-2} = 8.10^{-2}$ (M)

$[Ag^+] = \frac{K_s}{(I^-)} = \frac{10^{-16}}{10^{-2}} = 10^{-14}(M)$

$[CN^-] = \sqrt{\beta^{-1}\frac{[Ag(CN)_2^-]}{[Ag^+]}} = 2,82.10^{-5}\ (M)$

$[Ag^+]\ [CN^- = 2,82 . 10^{-19} << 10^{-16}$ => không có kết tủa AgCN

Tính pH : $HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$ $K_a = 10^{-9,3}$

=> $K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$

=> $[H^+] = K_a \frac{[HCN]}{[CN^-]} = 10^{-9,3} . \frac{2 . 10^{-2}}{2,82 . 10^{-5}} = 10^{-5,85}(M)$

=> pH = 5,85

Số mol OH^- đã dùng = n_{AgI} = 0,01 (mol)

Bài 4:

Một dung dịch X chứa $HClO_4$ 0,005M ; $Fe(ClO_4)$ 0,03M và $MgCl_2$ 0,01M .

a, Tính pH của dung dịch X.

b, Cho 100ml dung dịch NH_3 0,1M vào 100ml dung dịch X thì thu được kết tủa A và dung dịch B. Xác định ↓ A và pH của dung dịch B.

Cho biết NH^+_4 , $pK_a = 9,24$ $pK_{s\ Fe(OH)_3} = 37$; $pK_{s\ Mg(OH)_2} = 11$

$Fe^{3+} + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)^{2+} + H^+$ (1) $K_1 = 10^{-2,17}$

$Mg^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Mg(OH)^+ + H^+$ (2) $K_2 = 10^{-12,8}$

Bài giải :

a, Tính pH

$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO^-_4$

5.10^{-3} 5.10^{-3}

$Fe(ClO_4)_3 \rightarrow Fe^{3+} + 3ClO_4^-$

3.10^{-2} 3.10^{-2}

$MgCl_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2Cl^-$

10^{-2} 10^{-2}

$Fe^{3+} + H_2O$ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ (1) $K_1 = 10^{-2,17}$

$Mg^{2+} + H_2O$ $Mg(OH)^+ + H^+$ (2) $K_2 = 10^{-12,8}$

Ta có : $K_1 . C_{Fe^{3+}} = 3.10^{-4,17} >> K_2 C_{Mg^{2+}} = 10^{-14,8}$

=> Cân bằng (1) trội hơn rất nhiều so với cân bằng (2) và cân bằng (1) là cân bằng chính (Môi trường acid, bỏ qua sự phân ly của nước).

$Fe^{3+} + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)^{2+} + H^+$ $K_1 = 10^{-2,17}$

C 3.10^{-2} 5.10^{-3}

[] $3.10^{-2} - x$ x $5.10^{-3} + x$

=> $K_1 = \frac{[H^+][Fe(OH)^{2+}]}{[Fe^{3+}]} = \frac{x(5.10^{-3}+x)}{3.10^{-2}-x} = 10^{-2,17}$

Giải phương trình ta có : $x = 1,53 . 10^{-3}$

=> $[H^+] = 5.10^{-3} + 1,53.10^{-3} = 6,53.10^{-3}$ (M)

=> pH = 2,185

b, $C_{NH_3} = \frac{0,1}{2} = 0,05M$; $C_{Mg^{2+}} = \frac{8.10^{-2}}{2} = 4.10^{-2}(M)$

$C_{Fe^{3+}} = \frac{0,03}{2} = 0,015(M)$; $C_{HClO_4} = \frac{5.10^{-3}}{2} = 2,5 .10^{-3}(M)$

Phản ứng : $3NH_3 + 3H_2O + Fe^{3+} \rightarrow Fe(OH)3\downarrow + 3NH^+_4$ (3) $K_3 = 10^{22,72}$

$2NH_3 + 2H_2O + Mg^{2+} \rightarrow Mg(OH)2\downarrow + 2NH^+_4$ (4) $K_4 = 10^{1,48}$

$NH_3 + H^+ \rightarrow NH^+_4$ (5) $K_5 = 10^{9,24}$

Nhận xét : K_5, K_3 rất lớn, phản ứng xảy ra hoàn toàn.

$NH_3 + H^+ \rightarrow NH^+_4$

$2,5.10^{-3}$ $2,5.10^{-3}$ $2,5.10^{-3}$

$3NH_3 + 3H_2O + Fe^{3+} \rightarrow Fe(OH)_3 + 3NH^+_4$

$4,75.10^{-2}$ $1,5.10^{-2}$

$2,5.10^{-3}$ $4,5.10^{-2}$

Kiểm tra sự kết tủa của $Mg(OH)_2$

Ta có : $[H^+] = K_a . \frac{[NH^+_4]}{[NH_3]} = 10^{-9,24} . \frac{4,75.10^{-2}}{2,5.10^{-3}} = 10^{-7,96}(M)$

=> $[OH^-] = 10^{-6,04}$(M)

=> $C_{Mg^{2+}} . [OH^-]^2 = 4.10^{-2}(10^{-6,04})^2 = 10^{-13,478} < K_s$

=> Kết tủa chỉ có $Fe(OH)_3$ và pH = 7,96(M)

Bài 5:

ở 820^0C hằng số cân bằng của các phản ứng:

$CaCO_{3(r)} \rightleftharpoons CaO_{(r)} + CO_{2(k)}$ (1) $K_1 = 0,2$

$C_{(r)} + CO_{2(k)} \rightleftharpoons 2CO_{(k)}$ (2) $K_2 = 2$

a. Trong một bình chân không dung tích 22,4lít ở 820^0C, người ta cho 1 mol $CaCO_3$ và 1 mol C. Xác định thành phần của hệ ở trạng thái cân bằng.

b. Phải tăng thể tích bình lên bao nhiêu thì sự phân hủy xảy ra hoàn toàn.

Bài giải

Gọi x là số mol $CaCO_3$ bị phân hủy.

y là số mol C tham gia phản ứng.

Ta có: $CaCO_{3(r)} \rightleftharpoons CaO_{(r)} + CO_{2(k)}$ (1) $K_1 = 0,2$

x -y

$C_{(r)} + CO_{2(k)} \rightleftharpoons 2CO_{(k)}$ (2) $K_2 = 2$

x - y 2y

số mol của hỗn hợp khí = x + y (mol)

Từ (1) => $K_1 = P_{CO2} = 0,2$ atm = (x - y). $\frac{RT}{V} = (x-y)\frac{0,082.(273+820)}{22,4} =$

= (x -y). 4 => x- y = 0,2/4 = 0,05 (I)

Từ (2) => $K_2 = \frac{P_{CO}^2}{P_{co_2}} = 2$ => $P_{CO} = \sqrt{2.P_{CO_2}} = \sqrt{0,4}$ atm.

=> 2y. $\frac{RT}{V} = \sqrt{0,4} => y = \frac{\sqrt{0,4}}{2.4} = 0,079$

Thay vào (I) => x= 0,129

b, Để sự phân hủy $CaCO_3$ xảy ra hoàn toàn => x = 1

Và áp suất riêng phần của các khí tại thời điểm cân bằng bị phá hủy là không bị thay đổi. Nghĩa là $P_{CO} = 0,632$ atm và $P_{CO2} = 0,2$atm.

$$\frac{RT}{V}(1-y') = 0,2 \quad (I)$$

$$\Rightarrow \frac{RT}{V}.2y' = 0,632 \quad (II)$$

Với y là số mol C đã tham gia phản ứng.

Lấy (II) chia cho (I) => $\frac{2y'}{1-y'} = 3,16$

=> y = 0,612 mol. Thay vào (II)

=> V = $\frac{0,082.(820+273).2.0,612}{0,632} = 173,6$ lít.

=> Để $CaCO_3$ phân hủy hoàn toàn thì thể tích bình phải lấy là: V ≥ 173,76lít

Phần III: HỆ THỐNG BÀI TẬP TỪ CÁC ĐỀ THI HSG CHÍNH THỨC CỦA TỈNH, OLYMPIC,…

Câu 1 (HSG HÓA HỌC 11 - THPT TRẦN QUỐC TUẤN - QUẢNG NGÃI NĂM 2023 - 2024).

Một bình kín dung tích 1 L chứa 1,0 mol N_2, 1,5 mol H_2 và một lượng chất xúc tác chiếm thể tích không đáng kể. Đun nóng bình ở 450°C, khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng có 0,2 mol NH_3 tạo thành.

a) Tính hằng số cân bằng của phản ứng ở 450°C.

b) Tính số mol N_2 cần thêm vào bình ở 450°C để hiệu suất phản ứng đạt 25%.

Hướng dẫn giải

a)

Thể tích bình 1 L ⇒ số mol bằng nồng độ mol

	N_2 +	$3H_2$ ⇌	$2NH_3$
Ban đầu	1,0	1,5	0
Cân bằng:	0,9	1,2	0,2

$$K_C = \frac{0,2^2}{0,9.1,2^3} = 0,02572$$

b)

Gọi x là số mol N_2 cần thêm vào

$\frac{n_{H_2}}{n_{N_2}} < 3$ ⇒ hiệu suất phản ứng tính theo H_2

	N_2 +	$3H_2$ ⇌	$2NH_3$
Ban đầu:	(1,0+x)	1,5	0
Pứ:	0,125	0,375	0,25
Cb:	(0,875+x)	1,125	0,25

$$K_C = \frac{0,25^2}{(0,875+x).1,125^3} = 0,02572 \Rightarrow x \approx 0,8317 mol$$

Câu 2 (HSG HÓA HỌC 11 - THPT TRẦN QUỐC TUẤN - QUẢNG NGÃI NĂM 2023 - 2024).

Cho từ từ dung dịch NaOH 0,1M vào V mL dung dịch CH_3COOH 0,1M, khi có 50% CH_3COOH được trung hòa thì dừng, thu được dung dịch X. Tính pH của dung dịch X. Biết CH_3COOH có $K_a = 1,8.10^{-5}$ ở 25°C.

Hướng dẫn giải

Phản ứng: $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

Cho V = 1L ⇒ $n_{CH_3COOH} = 0,1 mol$

50% CH_3COOH được trung hòa

$n_{NaOH} = n_{CH_3COOH\ phản\ ứng} = 0,05 mol \Rightarrow V_{ddNaOH} = 0,5L$

$V_{ddX} = 1,5L$ ⇒ dung dịch X chứa $\begin{cases} CH_3COOH: \frac{0,05}{1,5} = \frac{1}{30} M \\ CH_3COONa: \frac{0,05}{1,5} = \frac{1}{30} M \end{cases}$

CH_3COOH ⇌ $CH_3COO^- + H^+$

C_{CH_3COOH} phân ly = xM ⇒ $K_a = \frac{x.(\frac{1}{30}+x)}{\frac{1}{30}-x} = 1,8.10^{-5}$

K_a bé $\Rightarrow \frac{1}{30} + x \approx \frac{1}{30}$ M; $\frac{1}{30} - x \approx \frac{1}{30}$ M

$\Rightarrow x = \frac{\frac{1}{30}}{\frac{1}{30}}.1,8.10^{-5} = 1,8.10^{-5}$

$\Rightarrow x = 1,8.10^{-5} \Rightarrow [H^+] = 1,8.10^{-5} \Rightarrow pH \approx 4,745$

Câu 3 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH LẠNG SƠN NĂM 2022 - 2023).

Có 6 dung dịch (mỗi dung dịch chỉ chứa 1 chất tan cùng nồng độ 0,1M) trong 6 lọ riêng biệt gồm các chất: $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4, NaOH, $Ba(OH)_2$, Na_2CO_3, HCl.

a) Sắp xếp theo thứ tự tăng dần pH của các dung dịch trên.

b) Tiến hành thực hiện một số thí nghiệm thì nhận được kết quả sau:

- Chất ở lọ (2) tác dụng với chất ở lọ (3) thấy xuất hiện kết tủa trắng và có khí thoát ra.
- Chất ở lọ (2) cho kết tủa trắng khi tác dụng với chất ở lọ (1) và lọ (4).
- Chất ở lọ (3) tác dụng với chất ở lọ (6) hay chất ở lọ (4) tác dụng với chất ở lọ (5) đều có khí thoát ra.

Xác định chất có trong các lọ (1), (2), (3), (4), (5), (6). Giải thích và viết phương trình hóa học các phản ứng xảy ra.

Hướng dẫn giải

a) Thứ tự tăng dần pH:

$HCl < (NH_4)_2SO_4 < K_2SO_4 < Na_2CO_3 < NaOH < Ba(OH)_2$

(1): K_2SO_4; (2): $Ba(OH)_2$; (3): $(NH_4)_2SO_4$; (4): Na_2CO_3; (5): HCl; (6): NaOH

$(NH_4)_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$

$K_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KOH$

$Na_2CO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + 2NaOH$

$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$

$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$

Câu 4 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH LẠNG SƠN NĂM 2022 - 2023).

Pha loãng 10 mL dung dịch HCOOH 1M thu được 1 lít dung dịch **A**. Độ điện li α của HCOOH là 12,5%.

a) Tính nồng độ HCOOH sau khi pha loãng.

b) Tính pH của dung dịch **A**.

c) HCOOH có trong nọc kiến. Khi bị kiến cắn, để giảm sưng tấy nên chọn chất nào bôi vào vết thương trong số các chất sau: vôi tôi, giấm ăn, nước, muối ăn. Viết phương trình hóa học giải thích cho lựa chọn đó.

Hướng dẫn giải

a) $C_{HCOOH} = \frac{0,01.1}{1} = 0,01(M)$

b)

	$HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$			
Ban đầu	0,01	0	0	(M)
Điện li	0,01α	0,01α	0,01α	(M)
Cân bằng	0,01 - 0,01α	0,01α	0,01α	(M)

$[H^+] = 0,01.0,125 = 1,25.10^{-3}$ (M)

$\Rightarrow pH = 2,903$

c) Khi bị kiến cắn, để giảm sưng tấy nên chọn vôi tôi bôi vào vết thương

PTHH: $2HCOOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (HCOO)_2Ca + 2H_2O$

Câu 5 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH HÀ NAM NĂM 2022 - 2023)

Một oxide của nitrogen có công thức NO_x, trong đó nitrogen chiếm 30,43% về khối lượng.

a) Xác định NO_x. Viết phương trình phản ứng của NO_x với dung dịch NaOH dưới dạng phân tử và ion rút gọn.

b) Cho cân bằng: N_2O_{2x} ⇌ $2NO_x$
(khí không màu)

Cho hỗn hợp gồm 46 gam N_2O_{2x} và 13,8 gam NO_x vào một bình kín thể tích 10 lít đến khi hỗn hợp đạt trạng thái cân bằng thì áp suất trong bình gấp 1,015 lần áp suất ban đầu, biết nhiệt độ không đổi bằng $27,3^0C$.

- Tính hằng số cân bằng K_c, K_p của phản ứng.
- Khi hỗn hợp khí đạt trạng thái cân bằng, làm lạnh bình đến 0^0C thì thấy màu của khí NO_x nhạt dần, vậy phản ứng thuận thu nhiệt hay tỏa nhiệt?

Hướng dẫn giải

a) NO_x là NO_2.

$2NO_2 + 2NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$

$2NO_2 + 2OH^- \rightarrow NO_2^- + NO_3^- + H_2O$

b) N_2O_4 ⇌ $2NO_2$ (1)

mol bđ: 0,5 0,3

mol pư: x 2x

mol cb: 0,5-x 0,3+2x

+ Áp suất ban đầu là:

$$P = \frac{n.R.T}{V} = \frac{(0.5+0,3).0,082.300,3}{10} = 1,97atm$$

+ Áp suất khi cân bằng là: $P_{cb} = 1,97.1,015 = 2$ atm.

=> Tổng số mol khí khi cân bằng là:

$$n_{cb} = \frac{2.10}{0,082.300,3} = 0,8122 \text{ mol}$$

=>0,5-x + 0,3+2x = 0,8122

=> x = 0,0122 mol

+ Tính K_P. Ở trạng thái cân bằng thì:

$$P_{NO_2} = \frac{(0,3+2x).2}{0,8+x} = 0,8 \text{ atm}$$ và $$P_{N_2O_4} = \frac{(0,5-x).2}{0,8+x} = 1,2 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = 0,533 \text{ atm}$$

+ Tính K_C.

Ta có $$[NO_2] = \frac{(0,3+2x)}{10} = 0,03244 M$$ và $[N_2O_4]=0,04878$ M

=> $$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 0,0216 M$$

+ Khi làm lạnh màu nâu đỏ của hỗn hợp khí nhạt dần nên cân bằng (1) dịch chuyển sang trái có nghĩa là phản ứng thuận thu nhiệt.

Câu 6 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG NGÃI NĂM 2022 - 2023).

Biết CH_3COOH có $K_a = 1,75.10^{-5}$ ở 25^oC. Tính pH của các dung dịch sau:

a) Dung dịch CH_3COOH 0,1M.

b) Dung dịch Y thu được khi trộn 60 mL dung dịch NaOH 0,1M vào 90 mL dung dịch CH_3COOH 0,1M.

Hướng dẫn giải

a)

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

Ban đầu:	0,1	0	0
Phân ly:	x	x	x
Cân bằng:	0,1 – x	x	x

$K_a = \frac{x^2}{(0,1-x)} = 1,75.10^{-5}$

$x = 1,314.10^{-3}$

pH = 2,88

b) $n_{NaOH} = 6.10^{-3}$ (mol), $n_{CH_3COOH} = 9.10^{-3}$ (mol)

$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

6.10^{-3} 6.10^{-3} 6.10^{-3}

Dung dịch sau phản ứng gồm: CH_3COONa 0,04M và CH_3COOH dư (0,02M)

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

Ban đầu:	0,02	0,04	0
Phân ly:	y	y	y
Cân bằng:	0,02 – y	0,04 + y	y

$K_a = \frac{y(0,04+y)}{(0,02-y)} = 1,75.10^{-5}$

$y = 8,744.10^{-6}$

pH = 5,06

Câu 7 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH TUYÊN QUANG NĂM 2022 - 2023).

a. So sánh pH của các dung dịch loãng có cùng nồng độ mol/L sau: H_2SO_4, NH_4Cl, NH_3, NaOH và $Ba(OH)_2$. Giải thích.

b. Cho các dung dịch riêng biệt: $NaHSO_4$, Na_2CO_3, $AlCl_3$, $Fe(NO_3)_3$, NaCl, $Ca(NO_3)_2$. Chỉ dùng thêm chất chỉ thị phenolphthalein, hãy phân biệt các dung dịch trên. Viết các phương trình hoá học minh họa dưới dạng ion thu gọn.

a	**Hướng dẫn giải** Nồng độ H^+ càng lớn, pH càng nhỏ; nồng độ OH^- càng lớn, pH càng lớn. NH_3 là base yếu: $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ NaOH và $Ba(OH)_2$ là những base mạnh: $NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$ $Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$ $[OH^-]$ trong các dung dịch giảm dần theo thứ tự: $Ba(OH)_2$, NaOH, NH_3. H_2SO_4 là acid mạnh, NH_4Cl là acid yếu nên nồng độ H^+ giảm dần theo thứ tự H_2SO_4; NH_4Cl → pH của chúng giảm dần theo thứ tự: $Ba(OH)_2$, NaOH, NH_3, NH_4Cl, H_2SO_4.
b	Trích mẫu thử cho mỗi lần thí nghiệm: Cho phenolphthalein vào mỗi mẫu thử. Mẫu thử có màu hồng là dung dịch Na_2CO_3, các mẫu thử còn lại không đổi màu. $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$ Dùng Na_2CO_3 làm thuốc thử để cho vào các mẫu thử còn lại. Mẫu thử có sủi bọt khí không màu là $NaHSO_4$ $CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow$ Mẫu thử tạo kết tủa trắng keo và sủi bọt khí không màu là $AlCl_3$

	$2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$ Mẫu thử tạo kết tủa đỏ nâu và sủi bọt khí không màu là $Fe(NO_3)_3$ $2Fe^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$ Mẫu thử tạo kết tủa trắng là $Ca(NO_3)_2$ $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$ Mẫu thử không tạo hiện tượng là NaCl.

Câu 8 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN LÊ QUÝ ĐÔN - BÌNH DƯƠNG NĂM 2022 - 2023).

Methyl đỏ là một chất chỉ thị acid-base, có màu sắc thay đổi phụ thuộc vào pH của dung dịch (pH < 4,4: đỏ; 4,4 ≤ pH < 6,2: da cam; pH ≥ 6,2: vàng). Hỏi khi cho methyl đỏ vào hai dung dịch sau đây thì màu sắc thay đổi như thế nào?

a) Dung dịch 1: dung dịch CH_3COOH 0,2M. Biết K_a của CH_3COOH là $10^{-4,76}$.

b) Dung dịch 2: dung dịch gồm NH_4Cl 0,2M và NH_3 0,1M. Biết K_a của NH_4^+ là $10^{-9,24}$.

Hướng dẫn giải

a) Dung dịch 1: Các quá trình xảy ra trong dung dịch 1:

$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$ $K_a = 10^{-4,76}$ (1)

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $K_w = 10^{-14}$ (2)

Ta thấy $C(CH_3COOH).K_a >> K_w$ => cân bằng (1) là chủ yếu.

	$CH_3COOH \rightleftharpoons$	$H^+ +$	CH_3COO^-	$K_a = 10^{-4,76}$ (1)
C	0,2			
[ ]	0,2 – x	x	x	

Ta có: $K_b = \frac{x^2}{0,2-x} = 10^{-4,76}$ => $x = 1,86.10^{-3}$ => pH = 2,73 < 4,4

Vậy, methyl đỏ có màu đỏ trong dung dịch 1.

b) Dung dịch 2:

Các quá trình xảy ra trong dung dịch 2:

$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $K_b = 10^{-4,76}$ (1)

$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$ $K_a = 10^{-9,24}$ (2)

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $K_w = 10^{-14}$ (3)

Vì $C(NH_3).K_b >> K_w$ => cân bằng (1) là chủ yếu.

	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons$	$NH_4^+ +$	OH^-	$K_b = 10^{-4,76}$ (1)
C	0,1	0,2		
[ ]	0,1 – x	0,2+x	x	

Ta có: $K_a = \frac{(0,2+x).x}{0,1-x} = 10^{-4,76} \Rightarrow x = 8,69.10^{-6}$

=> $[H^+] = 1,15.10^{-9}$ M => pH = 8,94 > 6,2

Vậy, methyl đỏ chuyển sang màu vàng trong dung dịch 2.

Câu 9 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN LÊ QUÝ ĐÔN - BÌNH DƯƠNG NĂM 2022 - 2023).

Iodine là một nguyên tố vi lượng có trong tự nhiên, là thành phần rất cần thiết đối với sức khỏe con người. Tuy nhiên, cơ thể chúng ta không thể tự tổng hợp được iodine nên cần phải bổ sung từ nguồn thực phẩm bên ngoài để đảm bảo cơ thể phát triển khỏe mạnh. Ở nhiệt độ cao, cân bằng giữa $I_2(g)$ và $I(g)$ được thiết lập:

$I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$ (*)

Bảng sau ghi lại áp suất đầu của $I_2(g)$ và áp suất chung của hệ khi đạt đến cân bằng ở nhiệt độ khảo sát:

T (K)	1073	1173
$P(I_2)$ (atm)	0,0631	0,0684
P_{chung} (atm)	0,0750	?

a) Tính hằng số cân bằng K_p ở 1100 K. Cho biết biến thiên enthalpy của (*) là 155,052 kJ/mol và không phụ thuộc vào nhiệt độ trong khoảng khảo sát.

b) Tính áp suất chung của hệ khi đạt đến cân bằng ở nhiệt độ 1173K.

Hướng dẫn giải

a) Có cân bằng: $I_2(g)$ □ $2I(g)$

[ ] $P^o_{(I2)} - x$ $2x$

Ở thời điểm cân bằng: $P_{(I2)cb} = P^o_{(I2)} - x \Rightarrow P_{chung} = P^o_{(I2)} + x$

Ở 1073K: $x = 0,0750 - 0,0631 = 0,0119$ (atm); $P_{(I)cb} = 2x = 0,0238$ (atm);

$$K_{1073} = \frac{P_{I(cb)}^2}{P_{I_2(cb)}} = 0,01106$$

$$\ln\frac{K_{1100}}{K_{1073}} = \frac{\Delta H^o}{R}\left(\frac{1}{1073} - \frac{1}{1100}\right) \rightarrow K_{1100} = 0,0169$$

Ta có:

b) $$\ln\frac{K_{1173}}{K_{1073}} = \frac{\Delta H^o}{R}\left(\frac{1}{1073} - \frac{1}{1173}\right) \rightarrow K_{1173} = 0,04867$$

Có cân bằng: $I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$

[ ] $P^o_{(I2)} - y$ $2y$

$$K_{1173} = \frac{P_{I(cb)}^2}{P_{I_2(cb)}} = 0,04867$$

=> $y = 0,02339$ => $P_{chung} = 0,0918$ (atm)

Câu 10 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN NGUYỄN DU - TỈNH ĐẮKLẮK NĂM 2022 -2023).

Thêm 1mL dung dịch $MgCl_2$ 1M vào 100 mL dung dịch NH_3 1M và NH_4Cl 1M được 100 mL dung dịch A, hỏi có kết tủa $Mg(OH)_2$ được tạo thành hay không?

Biết: Tích số tan của $Mg(OH)_2$ là $Ks_{Mg(OH)_2} = 10^{-10,95}$ và hằng số base của NH_3 là $K_{b(NH_3)} = 10^{-4,75}$.

Hướng dẫn giải

* Dung dịch: NH_4Cl 1M + NH_3 1M.

cân bằng chủ yếu là:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \quad K_{NH_3} = K_b = 10^{-4,75}$$

Ban đầu	1M		1M	
p/ư	x	→	x →	x
[ ]	1-x		1+x	x

$$K_{NH_3} = K_b = \frac{[NH_4^+].[OH^-]}{[NH_3]} = \frac{(1+x)x}{1-x} = 10^{-4,75}$$

$\Rightarrow x = 10^{-4,75}$ Hay $[OH^-] = 10^{-4,75}$.

Khi thêm 1mL dung dịch $MgCl_2$ 1M vào 100mL dung dịch đệm thì

$C_{Mg^{2+}}$ ban đầu $= 10^{-2}$ (M).

Ta có:

$[Mg^{2+}][OH^-]^2 = 10^{-2}.(10^{-4,75})^2 = 10^{-11,5} < Ks_{Mg(OH)_2} = 10^{-10,95}$

Vậy khi thêm 1 mL dung dịch $MgCl_2$ 1M vào 100mL dung dịch NH_3 1M và NH_4Cl 1M thì không xuất hiện kết tủa $Mg(OH)_2$.

Câu 11 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN NGUYỄN DU - TỈNH ĐẮKLẮK NĂM 2022 -2023).

a. Tính nồng độ H^+ và giá trị pH của dung dịch X tạo thành khi cho 0,82gam CH_3COONa vào 1,0 lít dung dịch CH_3COOH 0,1M.

b. Phải thêm vào bao nhiêu gam NaOH rắn vào dung dịch X để thu được dung dịch Y có giá trị pH =4,76.

Biết $K_a(CH_3COOH) = 10^{-4,76}$

Giả sử thể tích dung dịch thay đổi không đáng kể khi cho thêm chất rắn.

Hướng dẫn giải

a.

$[CH_3\text{-}COONa] = 0,01M$

$[CH_3\text{-}COOH] = 0,1M$

$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = 10^{-4,76}$$

Hỗn hợp acid yếu và muối của nó là dung dịch đệm nên:

$$pH = pK_a + \log\frac{[Ac^-]}{[HAc]} = 3,76$$

b.

$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

Khi pH = 4,76 => $[H^+]= 10^{-4,76}$.

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = 10^{-4,76}$$

mà

$$\Rightarrow \frac{[CH_3COO^-].10^{-4,76}}{[CH_3COOH]} = 10^{-4,76}$$

$\rightarrow [CH_3COOH] = [CH_3COO^-]$

$0,01 - x/40 = 0,1 + x/40$

$\rightarrow x = 1,8$ gam $= m_{NaOH}$

Câu 12 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH BẠC LIÊU NĂM 2022 - 2023)

Hỗn hợp X gồm HCN 0,1M và HNO_2 0,05M.

Biết $K_{a\,HCN} = 7,2.10^{-10}$; $K_{a\,HNO_2} = 4,5.10^{-4}$

a. Biểu diễn các cân bằng trong dung dịch X và tính pH của dung dịch X.

b. Tính độ điện li của HNO_2 trong dung dịch X.

c. Thêm m gam NaOH rắn vào 1 lít dung dịch X thì được pH = 9,14. Tính giá trị của m.

Hướng dẫn giải

a. Các cân bằng xảy ra trong dung dịch X:

$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$ $\quad K_{a\,HCN} = 7,2.10^{-10}$ (1)

$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$ $\quad K_{a\,HNO_2} = 4,5.10^{-4}$ (2)

Ban đầu:	0,05		
Phản ứng:	x	x	x
Cân bằng:	0,05 – x	x	x

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $\quad K_w = 10^{-14}$ (3)

Vì $C_{HNO_2} \times K_{a\,HNO_2} \square C_{HCN} \times K_{a\,HCN} \square Kw$ nên căn bằng (2) là cân bằng chủ yếu xảy ra trong dung dịch.

Ta có:

$$\frac{[H^+]\times[NO_2^-]}{[HNO_2]} = K_{a\ HNO_2} = 4{,}5\times10^{-4}$$

$$\Rightarrow \frac{x^2}{0{,}05 - x} = 4{,}5\times10^{-4}$$

$$\Rightarrow x = 4{,}52\times10^{-3}$$

pH = -log[H$^+$] = -log($4{,}52\times10^{-3}$) = 2,34.

b. Độ điện li: $\alpha_{HNO_2} = \frac{[NO_2^-]}{[HNO_2]}\times100 = \frac{x}{0{,}05}\times100 = \frac{4{,}52\times10^{-3}}{0{,}05}\times100 = 9{,}04\%$

c. pH = 9,14

$$\frac{[NO_2^-]}{[HNO_2]} = \frac{K_{a\,HNO_2}}{[H^+]} = \frac{4{,}5\times10^{-4}}{10^{-9{,}14}} = 4{,}5\times10^{5{,}14}$$

$$\Rightarrow [NO_2^-] \square [HNO_2]$$

$$\frac{[CN-]}{[HCN]} = \frac{K_{a\,HCN}}{[H^+]} = \frac{7{,}2\times10^{-10}}{10^{-9{,}14}} = 7{,}2\times10^{-0{,}86}$$

$$\%[CN^-] = \frac{7{,}2\times10^{-0{,}86}}{7{,}1\times10^{-0{,}86} + 1} = 0{,}5$$

Phản ứng trung hòa hết HNO_2 và trung hòa một nửa HCN

$NaOH + HNO_2 \longrightarrow NaNO_2 + H_2O$

$NaOH + HCN \longrightarrow NaCN + H_2O$

$$n_{NaOH} + n_{HNO_2} + \frac{1}{2}n_{HCN} = 0{,}05\times1 + \frac{1}{2}\times0{,}1 = 0{,}1\ (mol)$$

$m_{NaOH} = 0{,}1 \times 40 = 4$ gam

Câu 13 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH CÀ MAU NĂM 2022 - 2023).

Trộn H_2 và I_2 vào một bình kín ở 410^{0}C, phản ứng đạt đến trạng thái cân bằng thì nồng độ của các chất là: $[H_2] = [I_2] = 0{,}224$ mol/L và $[HI] = 1{,}552$ mol/L.

a. Tính K_C.

b. Giữ nguyên nhiệt độ của bình phản ứng, để hiệu suất phản ứng đạt 90% thì 1 mol H_2 cần phản ứng với mấy mol I_2?

Hướng dẫn giải

a. $K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = \frac{1{,}552^2}{0{,}224.0{,}224} = 48$

Nếu dư I_2 thì hiệu suất tính theo H_2

	$H_{2\,(g)}$ +	$I_{2(g)}$ $\square$	$2HI_{(g)}$
Ban đầu	1	a	0
Phản ứng	0,9	0,9	1,8
Sau phản ứng	0,1	a-0,9	1,8

$\rightarrow 48 = \frac{1,8^2}{0,1.(a-0,9)} \rightarrow$ a = 1,575

*** Nếu dư H_2 thì hiệu suất tính theo I_2**

	$H_{2\,(g)}$ +	$I_{2(g)}$ ⇌	$2HI_{(g)}$
Ban đầu	1	a	0
Phản ứng	0,9a	0,9a	1,8a
Sau phản ứng	1-0,9a	0,1a	1,8a

$\rightarrow 48 = \frac{(1,8a)^2}{(1-0,9a).(0,1a)} \rightarrow$ a = 0,635

Câu 14 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH CÀ MAU NĂM 2022 - 2023).

Dung dịch H_2S bão hòa có nồng độ 0,1M.

a. Xác định nồng độ ion sulfide trong dung dịch H_2S 0,1M khi điều chỉnh pH = 3,0. Biết hằng số acid của H_2S là: $K_1 = 10^{-7}$; $K_2 = 1,3.10^{-13}$.

b. Dung dịch A chứa các ion Mn^{2+} và Ag^+ với nồng độ ban đầu của mỗi ion là 0,01M. Hòa tan H_2S vào dung dịch A đến bão hòa và điều chỉnh pH = 3,0 thì ion nào tạo kết tủa? Biết tích số tan của MnS = $2,5.10^{-10}$; $Ag_2S = 6,3.10^{-50}$.

Hướng dẫn giải

a) Theo giả thiết ta có $[H_2S] = 0,1M$; $[H^+] = 10^{-3}$

Trong dung dịch có các cân bằng

H_2S ⇌ $H^+ + HS^-$ K_1

HS^- ⇌ $H^+ + S^{2-}$ K_2

H_2S ⇌ $2H^+ + S^{2-}$ $K = K_1.K_2 = 1,3.10^{-20} = \frac{[H^+]^2.[S^{2-}]}{[H_2S]}$

=> **$S^{2-} = 1,3.10^{-15}M$**

b) Ta có: $[Mn^{2+}].[S^{2-}] = 10^{-2}.1,3.10^{-15} = 1,3.10^{-17} < T_{MnS} = 2,5.10^{-10}$ => không có kết tủa MnS.

$[Ag^+]^2.[S^{2-}] = 10^{-4}.1,3.10^{-15} = 1,3.10^{-19} > T_{Ag2S} = 6,3.10^{-50}$ => có kết tủa Ag_2S

Câu 15 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH CÀ MAU NĂM 2022 - 2023).

Muối sắt (III) thủy phân theo phản ứng sau: $Fe^{3+} + H_2O$ ⇌ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ ($K_a = 4.10^{-3}$).

a. Tính pH của dung dịch $FeCl_3$ 0,05M.

b. Tính pH của dung dịch để 95% muối Fe (III) không bị thủy phân.

Hướng dẫn giải

a. $FeCl_3 \rightarrow Fe^{3+} + 3\,Cl^-$

0,05 0,05 (M)

$Fe^{3+} + H_2O$ ⇌ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ $K = 4.10^{-3}$

0,05M

xM x x

(0,05-x)M x x

. 95% muối sắt (III) không bị thủy phân → có 5% muối bị thủy phân

→ Nồng độ bị thủy phân là 0,05x5% = $2,5.10^{-3}$M

$FeCl_3 \rightarrow Fe^{3+} + 3\,Cl^-$

0,05 0,05 (M)

$Fe^{3+} + H_2O$ ⇌ $Fe(OH)^{2+} + H^+$ $K = 4.10^{-3}$

0,05M xM

$2,5.10^{-3}$M	$2,5.10^{-3}$	$2,5.10^{-3}$
0,0475M	$2,5.10^{-3}$	$2,5.10^{-3}$ + x

$$K = \frac{\left[Fe(OH)^{2+}\right]\left[H^+\right]}{\left[Fe^{3+}\right]} \Rightarrow \left[H^+\right] = K\frac{\left[Fe^{3+}\right]}{\left[Fe(OH)^{2+}\right]} = \frac{4.10^{-3}.0,0475}{0,0025} = 76.10^{-3}$$

x = 76. 10^{-3} -2,5. 10^{-3} = 73,5. 10^{-3} M

Vậy pH= 1,134.

Câu 16 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG BÌNH NĂM 2022 - 2023).

Hóa học về sự chuyển dịch cân bằng: N_2O_4 (g) $\rightleftharpoons$ $2NO_2$ (g) (1)

Nạp một lượng N_2O_4 vào một xi lanh chân không bằng thủy tinh trong suốt được đóng kín bởi một piston được giữ cố định. Nhiệt độ trong xi lanh được giữ không đổi ở T^0K. Khi cân bằng được thiết lập, áp suất tổng trong xi lanh là 1,9 bar. Tại thời điểm này, 60% lượng N_2O_4 ban đầu đã phân li thành NO_2. Tính hằng số cân bằng của (1) ở T^0K. Cho P_0 = 1 bar.

Hướng dẫn giải

	N_2O_4 (g)	$2NO_2$ (g)
Áp suất ban đầu (bar)	x	0
Áp suất cân bằng (bar)	0,4x	1,2x

Ta có: 0,4x + 1,2x = 1,9 $\Rightarrow$ x = 1,1875

$\Rightarrow p_{N_2O_4} = 0,475$ bar; $p_{NO_2} = 1,425$ bar

$$\Rightarrow K_p = \frac{1,425^2}{0,475} = 4,275 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow K = \frac{K_p}{P_0^{\Delta n}} = 4,275$$

Câu 17 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG BÌNH NĂM 2022 - 2023).

1. Cho m gam hỗn hợp X gồm $CuCl_2$ và $FeCl_3$ vào nước, thu được dung dịch A. Chia A làm 2 phần bằng nhau. Sục khí H_2S dư vào phần 1, thu được 2,4 gam kết tủa. Cho dung dịch K_2S dư vào phần 2, thu được 5,04 gam kết tủa. Tính m.

2. Tính pH của dung dịch A gồm HCN 2.10^{-4} M và NH_4Cl 10^{-4} M.

Cho biết pK_a của HCN là 9,35; của NH_4^+ là 9,24.

Hướng dẫn giải

1.

Sục H_2S dư vào phần 1:

$2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + S\downarrow + 2HCl$

x 0,5x

$CuCl_2 + H_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2HCl$

y y

Thêm K_2S vào phần 2:

$2FeCl_3 + 3K_2S \rightarrow 2FeS\downarrow + S\downarrow + 6KCl$

x x 0,5x

$CuCl_2 + K_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2KCl$

y y

Ta có:

$$\begin{cases} 16x + 96y = 2,4 \\ 88x + 16x + 96y = 5,04 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ x = 0,03 mol; y = 0,02 mol

$\Rightarrow$ m = 15,15

2.

$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$ $\quad K_a = 10^{-9,35}$ (1)

$NH_4^+ \rightleftharpoons H^+ + NH_3$ $\quad K_a' = 10^{-9,24}$ (2)

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $\quad K_w = 10^{-14}$ (3)

Ta thấy: $K_a.C_{HCN} \approx K_a'.C_{NH_4^+} \approx K_w \Rightarrow$ Không thể bỏ qua cân bằng nào.

$$[H^+] = [CN^-] + [NH_3] + [OH^-]$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a[HCN] + K_a'[NH_4^+] + K_w} \Rightarrow [H^+] = \frac{K_a[HCN]}{[H^+]} + \frac{K_a'[NH_4^+]}{[H^+]} + \frac{K_w}{[H^+]}$$

Giả sử $[HCN] = C_{HCN} = 2.10^{-4}M;\ [NH_4^+] = C_{NH_4^+} = 10^{-4}M$

$$\Rightarrow [H^+] = \sqrt{10^{-9,35}.2.10^{-4} + 10^{-9,24}.10^{-4} + 10^{-14}} = 3,96.10^{-7}M$$

Kiểm tra lại:

$$[HCN] = C_{HCN}.\frac{[H^+]}{K_a + [H^+]} = 2.10^{-4}.\frac{3,96.10^{-7}}{10^{-9,35} + 3,96.10^{-7}} \approx 2.10^{-4}M$$

$$[NH_4^+] = C_{NH_4^+}.\frac{[H^+]}{K_a' + [H^+]} = 10^{-4}.\frac{3,96.10^{-7}}{10^{-9,24} + 3,96.10^{-7}} \approx 10^{-4}M$$

Kết quả lập lại. Vậy $[H^+] = 3,96.10^{-7}M \Rightarrow$ pH = 6,4

Câu 18 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG NAM NĂM 2022 - 2023).

Ở 820^0C hằng số cân bằng K_p của các phản ứng như sau:

$CaCO_{3\,(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)}$ $\quad K_1 = 0,2$

$C_{(s)} + CO_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ $\quad K_2 = 2$

Cho 1 mol $CaCO_3$ và 1 mol C vào bình chân không dung tích 22,4 lít duy trì ở 820^0C.

a. Tính số mol các chất khi cân bằng.

b. Ở thể tích nào của bình thì sự phân hủy $CaCO_3$ là hoàn toàn?

Hướng dẫn giải

$CaCO_{3\,(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)}$ $\quad K_1 = 0,2$

$C_{(s)} + CO_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ $\quad K_2 = 2$

Ta có $K_1 = P_{CO_2} = 0,2$ atm

$$K_2 = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = 2 \Rightarrow P_{CO} \approx 0,632 \text{ atm}$$

Số mol $CaCO_3$ phản ứng = x; số mol CO_2 phản ứng = y

$\Rightarrow$ Số mol các chất ở trạng thái cân bằng:

$CaCO_3$	CaO	CO_2	C	CO
1 – x	x	x – y	1 – y	2y

Số mol CO_2 = x – y = $\frac{P_{CO_2}.V}{R.T} \approx 0,05$ mol

Số mol CO = 2y = $\frac{P_{CO}.V}{R.T} \approx 0,158$ mol

$n_{CaO} = 0,129$ mol; $n_{CaCO_3} = 0,871$ mol; $n_C = 0,921$ mol

Khi sự phân hủy hoàn toàn thì x = 1 $\Rightarrow$ $n_{CO_2} = 1 - y$; $n_{CO} = 2y$

Vì áp suất CO_2 và CO không đổi nên

$0,632.V = 2yRT$ (1)

$0,2.V = (1-y)RT$ (2)

Giải hệ (1) (2) $\Rightarrow$ V = 173,69 lít

Câu 19 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG NAM NĂM 2022 - 2023).

Tìm khoảng pH tối ưu để tách một trong hai ion Ba^{2+} và Sr^{2+} ra khỏi dung dịch chứa $BaCl_2$ 0,1M và $SrCl_2$ 0,1M với thuốc thử $K_2Cr_2O_7$ 1M. Biết rằng trong dung dịch $K_2Cr_2O_7$ có các cân bằng:

$Cr_2O_7^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2HCrO_4^-$ $\quad K_1 = 2,3.10^{-2}$

$HCrO_4^- \rightleftharpoons H^+ + CrO_4^{2-}$ $\quad K_2 = 3,4.10^{-7}$

Cho tích số tan của $BaCrO_4$ là $10^{-9,7}$ và của $SrCrO_4$ là $10^{-4,4}$.

Điều kiện để xem một ion kết tủa hoàn toàn là nồng độ của ion đó không vượt quá 10^{-6}M.

Hướng dẫn giải

Để kết tủa thì:

$[Ba^{2+}].[CrO_4^{2-}] \geq T_{BaCrO4} \Rightarrow [CrO_4^{2-}] \geq \frac{10^{-9,7}}{0,1} = 10^{-8,7}M$

$[Sr^{2+}].[CrO_4^{2-}] \geq T_{SrCrO4} \Rightarrow [CrO_4^{2-}] \geq \frac{10^{-4,4}}{0,1} = 10^{-3,4}M$

Vì $10^{-8,7} < 10^{-3,4}$ nên $BaCrO_4$ kết tủa trước.

Khi $BaCrO_4$ kết tủa hoàn toàn: $[Ba^{2+}] \leq 10^{-6}M \Rightarrow [CrO_4^{2-}] \geq 10^{-3,7}M$.

Để kết tủa hoàn toàn $BaCrO_4$ mà chưa kết tủa $SrCrO_4$ là:

$10^{-3,7} \leq [CrO_4^{2-}] < 10^{-3,4}$

$Cr_2O_7^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2CrO_4^{2-}$ $\quad K = K_1.K_2^2 = 2,66.10^{-15}$

[] $\quad 1-0,5x \qquad\qquad x$

$K = \frac{\left[CrO_4^{2-}\right]^2.x^2}{1-0,5x} = 2,66.10^{-15}$ K

Khi $[CrO_4^{2-}] = 10^{-3,7}M \Rightarrow x = 2,585.10^{-4}M \Rightarrow pH = 3,59$.

Khi $[CrO_4^{2-}] = 10^{-3,4}M \Rightarrow x = 1,295.10^{-4}M \Rightarrow pH = 3,89$.

Vậy $3,59 \leq pH < 3,89$

Câu 20 (HSG HÓA HỌC 11 - TỈNH QUẢNG NAM NĂM 2022 - 2023).

Dung dịch X gồm HNO_3 0,20 M và H_3PO_4 0,20M.

a. Tính pH của dung dịch X.

b. Tính thể tích dung dịch KOH 0,10M cần để trung hoà 100 mL dung dịch X đến pH = 4,2.

Biết H_3PO_4 có $pKa_1 = 2,15$; $pKa_2 = 7,21$; $pKa_3 = 12,32$.

Hướng dẫn giải

Dung dịch X có các cân bằng:

(1) $H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $\quad Ka_1 = 10^{-2,15}$

(2) $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$ $\quad Ka_2 = 10^{-7,21}$

(3) $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$ $Ka_3 = 10^{-12,32}$

(4) $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $K_w = 10^{-14}$.

Do $Ka_1 >> Ka_2 >> Ka_3 > K_w$, vì vậy cân bằng (1) là chủ yếu.

Xét cân bằng:

$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$ $Ka_1 = 10^{-2,15}$

	H_3PO_4	H^+ +	$H_2PO_4^-$
Co	0,2	0,2	
CB	0,2 – x	0,2 + x	x

$$K_{a1} = \frac{(0,2+x).x}{0,2-x} = 10^{-2,15} \Rightarrow x = 6,625.10^{-3}$$

$\Rightarrow x = 6,625.10^{-3}$

pH = - lg (0,2 + 6,845 . 10^{-3}) = 0,684.

Phản ứng trung hoà lần lượt:

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ (5)

$H_3PO_4 + OH^- \rightarrow H_2PO_4^- + H_2O$ (6)

Nếu sau phản ứng chỉ có $H_2PO_4^-$ (chất lưỡng tính) thì:

pH = $(pKa_1 + pKa_2)/2 = 4,68 > 4,2$

$\Rightarrow$ Phản ứng trung hoà nấc thứ nhất của H_3PO_4 là chưa hết.

$\Rightarrow$ Thành phần giới hạn gồm H_3PO_4 và $H_2PO_4^-$ là hệ đệm, nên có:

$$pH = pKa_1 + \lg\left(\frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}}\right) \Rightarrow 4,2 = 2,15 + \lg\left(\frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}}\right) \Rightarrow \left(\frac{C_{H_2PO_4^-}}{C_{H_3PO_4}}\right) = 112,2$$

Đặt $C_{H_3PO_4} = x \Rightarrow C_{H_2PO_4^-} = 112,2x$

Ta có: $n_{H_3PO_4\ bd} = 112,2x.(0,1 + V) = 0,02$ (1)

$\Rightarrow n_{KOH\ pư} = n_{H^+} + n_{H_2PO_4^-}$

$\Rightarrow 0,1.V = 0,1.0,2 + 112,2x.(0,1 + V)$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow$ V = 398,234 mL.

Câu 21 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN LÊ KHIẾT - TỈNH QUẢNG NGÃI NĂM 2023 -2024).

Thí nghiệm chuẩn độ dung dịch base mạnh bằng dung dịch chuẩn acid mạnh.

+ *Dụng cụ:* Bộ giá đỡ, burette 25 mL, pipette 10 mL, cốc thủy tinh, bình tam giác 50 mL, ống hút nhỏ giọt.

+ *Hóa chất:* Dung dịch HCl 0,10 M, dung dịch NaOH cần xác định nồng độ, dung dịch phenolphthalein.

+ *Các bước tiến hành* (chưa sắp xếp theo trình tự) chuẩn độ dung dịch sodium hydroxide bằng dung dịch hydrochloric acid được mô tả ngắn gọn như sau:

(1) Thêm vài giọt chất chỉ thị thích hợp vào dung dịch.

(2) Ghi lại thể tích dung dịch HCl cuối cùng và lặp lại 3 lần để thu được kết quả phù hợp.

(3) Thêm dung dịch HCl vào burette và ghi thể tích.

(4) Lấy 10 mL dung dịch sodium hydroxide vào bình nón bằng pipette.

(5) Mở khóa burette, nhỏ từng giọt dung dịch HCl vào sodium hydroxide, lắc đều cho đến khi đạt đến điểm kết thúc.

a) Hãy sắp xếp thứ tự thực hiện các bước trên khi tiến hành chuẩn độ. Hãy cho biết hiện tượng tại thời điểm kết thúc chuẩn độ.

b) Giải thích vì sao cần lắc nhẹ dung dịch trong bình tam giác khi thực hiện chuẩn độ.

c) Viết phương trình hóa học của phản ứng chuẩn độ.

d) Tiến hành thí nghiệm chuẩn độ 3 lần, thu được kết quả sau:

Thí nghiệm	*Lần 1*	*Lần 2*	*Lần 3*
Thể tích dung dịch HCl đã sử dụng (mL)	12,50	12,40	12,50

Hãy xác định nồng độ dung dịch NaOH ban đầu.

Hướng dẫn giải

Thứ tự tiến hành: (4) → (1) → (3) → (5) → (2).

hoặc: (3) → (4) → (1) → (5) → (2).

Khi kết thúc chuẩn độ thì dung dịch trong bình tam giác từ màu hồng chuyển sang không màu.

Cần lắc đều bình tam giác để phản ứng xảy ra ở mọi điểm trong dung dịch.

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Áp dụng công thức:

$$C_{NaOH} = \frac{C_{HCl}.\overline{V}_{HCl}}{V_{NaOH}} = \frac{0,1.\frac{12,5+12,4+12,5}{3}}{10} = 0,125\,M$$

Câu 22 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN LÊ KHIẾT - TỈNH QUẢNG NGÃI NĂM 2023 -2024).

Xét các hệ cân bằng sau trong một bình kín:

$$C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = 131\ kJ$$

Cân bằng trên dịch chuyển theo chiều nào khi thay đổi một trong các điều kiện (có giải thích):

(1) Tăng nhiệt độ.

(2) Thêm lượng hơi nước vào hệ.

(3) Thêm khí H_2 vào hệ.

(4) Nén cho thể tích của hệ giảm xuống.

Hướng dẫn giải

$C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = 131\ kJ$

(1) Tăng nhiệt độ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thuận (phản ứng thu nhiệt)
(2) Thêm lượng hơi nước vào hệ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thuận (làm giảm nồng độ H_2O)
(3) Thêm khí H_2 vào hệ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng nghịch (làm giảm nồng độ H_2)
(4) Tăng áp suất chung bằng cách nén cho thể tích của hệ giảm xuống.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng nghịch (chiều giảm số mol khí)

Câu 23 (HSG HÓA HỌC 11 - CHUYÊN LÊ KHIẾT - TỈNH QUẢNG NGÃI NĂM 2023 -2024).

Cho cân bằng hoá học: $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO_2(g)$

Ở 700 °C, hằng số cân bằng $K_C = 8,3$. Cho 1 mol khí CO và 1 mol hơi nước vào bình kín dung tích 10 lít và giữ ở 700 °C. Tính nồng độ các chất ở trạng thái cân bằng.

Hướng dẫn giải

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO_2(g) \qquad K_C = 8,3$

Ban đầu: 1 1 (mol)
Phản ứng: x x x x (mol)
Cân bằng: 1 - x 1- x x x (mol)

$$\Rightarrow K_C = \frac{[H_2].[CO_2]}{[CO].[H_2O]} = \frac{\frac{x}{10}.\frac{x}{10}}{\frac{1-x}{10}.\frac{1-x}{10}} = \frac{x^2}{(1-x)^2} = 8,3 \Rightarrow x^2 = 8,3(1 - 2x + x^2)$$

$$\Rightarrow 7,3x^2 - 16,6x + 8,3 = 0 \text{ (đk } x < 1) \begin{cases} x = 1,53 > 1 \text{ (loại)} \\ x = 0,74 < 1 \text{ (nhận)} \end{cases}$$

Vậy nồng độ các chất ở trạng thái cân bằng:

$$[CO] = [H_2O] = \frac{1-x}{10} = \frac{1-0,74}{10} = 0,026M$$

$$[CO_2] = [H_2] = \frac{x}{10} = \frac{0,74}{10} = 0,074M$$

Câu 24 (HSG HÓA HỌC 11 - NGUYỄN THƯỢNG HIỀN - TP HCM NĂM 2023 -2024).

a. Xét các hệ cân bằng sau trong một bình kín: $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$ $\Delta_r H^o_{298} = 131$ kJ

Cân bằng trên dịch chuyển theo chiều nào khi thay đổi một trong các điều kiện sau? *(không cần giải thích)*

(1) Tăng nhiệt độ. (2) Thêm lượng hơi nước vào hệ.

(3) Thêm khí H_2 vào hệ. (4) Tăng áp suất chung bằng cách nén cho thể tích của hệ giảm xuống.

b. Trộn 3 dung dịch H_2SO_4 0,1 M, HNO_3 0,2 M và HCl 0,3 M với thể tích bằng nhau thu được dung dịch (A). Lấy 300 mL dung dịch (A) cho tác dụng với một dung dịch (B) gồm NaOH 0,20 M và KOH 0,29 M. Tính thể tích dung dịch (B) cần dùng để sau khi tác dụng với 300 mL dung dịch (A) thu được dung dịch có pH = 2.

c. Có 4 mẫu sau: dung dịch NaOH, dung dịch HCl, dung dịch H_2SO_4 và H_2O được kí hiệu bằng các chữ cái: A, B, C và D (không theo trình tự trên). Kết quả của những thí nghiệm được ghi trong bảng sau:

Mẫu	Thuốc thử	
	Quỳ tím	dung dịch $BaCl_2$
A	Đỏ	Kết tủa trắng
B	Xanh	Không kết tủa
C	Tím	Không kết tủa
D	Đỏ	Không kết tủa

Hãy cho biết A, B, C và D là kí hiệu của những chất nào.

Hướng dẫn giải

$C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$ $\Delta_r H^o_{298} = 131$ kJ

(1) Tăng nhiệt độ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thuận (phản ứng thu nhiệt)
(2) Thêm lượng hơi nước vào hệ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thuận (làm giảm nồng độ H_2O)
(3) Thêm khí H_2 vào hệ.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng nghịch (làm giảm nồng độ H_2)
(4) Tăng áp suất chung bằng cách nén cho thể tích của hệ giảm xuống.	Cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng nghịch (chiều giảm số mol khí)

$n_{H_2SO_4} = 0,03$ mol; $n_{HNO_3} = 0,06$ mol; $n_{HCl} = 0,09$ mol $\longrightarrow n_{H^+} = 0,21$ mol

$n_{NaOH} = 0,2V$ mol; $n_{KOH} = 0,29V$ mol $\longrightarrow n_{OH^-} = 0,49V$ mol

$\xrightarrow{pH=2} [H^+]_{du} = 10^{-2}$ mol $\longrightarrow n_{H^+(du)} = 10^{-2}(V + 0,3)$ mol

$n_{H^+(du)} = n_{H^+(bd)} - n_{H^+(+OH^-)} \Leftrightarrow 10^{-2}(V + 0,3) = 0,21 - 0,49V \longrightarrow V = 0,414$ L

Mẫu	Thuốc thử

	Quỳ tím	dung dịch $BaCl_2$
(A) H_2SO_4	Đỏ	Kết tủa trắng
(B) NaOH	Xanh	Không kết tủa
(C) H_2O	Tím	Không kết tủa
(D) HCl	Đỏ	Không kết tủa

Phần IV: BÀI TẬP CÓ THÔNG TIN ỨNG DỤNG THỰC TẾ

Câu 1 (SÁCH BÀI TẬP CÁNH DIỀU). Carbon monoxide thay thế oxygen trong hemoglobin đã bị oxi hoá theo phản ứng:

$$HbO_2(aq) + CO(aq) \rightleftharpoons HbCO(aq) + O_2(aq)$$

Tại nhiệt độ trung bình trong cơ thể, hằng số cân bằng của phản ứng trên là Kc=170.

Giả sử một hỗn hợp không khí bị ô nhiễm carbon monoxide ở mức 0,1% (theo thể tích). Coi không khí chứa 20,0% oxygen về thể tích; tỉ lệ oxygen và carbon monoxide hoà tan trong máu giống với tỉ lệ của chúng trong không khí. Cho biết tỉ lệ HbCO so với HbO_2 trong máu là bao nhiêu. Em có nhận xét gì về tính độc của khí CO?

Hướng dẫn giải

$$K_C = \frac{[HbCO].[O_2]}{[HbO_2].[CO]} \Rightarrow \frac{[HbCO]}{[HbO_2]} = \frac{[CO]}{[O_2]}.K_C = \frac{0,1}{20,0}.170 = 0,85$$

Nhận xét: Như vậy, mặc dù nồng độ CO rất nhỏ so với nồng độ O_2 nhưng có thể làm một lượng đáng kể HbO_2 chuyển thành HbCO, dẫn tới làm giảm khả năng vận chuyển O_2 của máu một cách nghiêm trọng.

Câu 2 (SÁCH BÀI TẬP CÁNH DIỀU). Oxygen được dẫn truyền trong cơ thể là do khả năng liên kết của oxygen với hồng cầu trong máu theo cân bằng sau:

$$HbH^+(aq) + O_2(aq) \rightleftharpoons HbO_2(aq) + H^+(aq)$$

Độ pH của máu người bình thường được kiểm soát chặt chẽ trong khoảng 7,35 – 7,45. Dựa vào cân bằng trên, giải thích vì sao việc kiểm soát pH của máu người lại quan trọng. Điều gì sẽ xảy ra với khả năng vận chuyển oxygen của hồng cầu nếu máu trở nên quá acid (một tình trạng nguy hiểm được gọi là nhiễm toan hay nhiễm độc acid)?

Hướng dẫn giải

Oxygen được dẫn truyền trong cơ thể là do khả năng liên kết của oxygen với hồng cầu trong máu theo cân bằng sau:

$$HbH^+(aq) + O_2(aq) \rightleftharpoons HbO_2(aq) + H^+(aq) \quad (1)$$

Theo nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier , nếu nồng độ H^+ tăng, cân bằng (1) sẽ chuyển dịch sang trái; nếu nồng độ H^+ giảm, cân bằng (1) sẽ chuyển dịch sang phải. Vì vậy nếu pH của máu quá thấp (nồng độ H^+ cao), cân bằng sẽ chuyển dịch sang trái. Điều này khiến trong máu có ít HbO_2, nên khả năng vận chuyển oxygen của hồng cầu sẽ giảm.

Câu 3 (SÁCH BÀI TẬP CÁNH DIỀU). Lượng đường glucose trong máu người thường ổn định ở nồng độ khoảng 0,1%. Khi ta ăn tinh bột, glucose sẽ được sinh ra trong cơ thể; còn khi cơ thể vận động và hoạt động trí não, glucose bị tiêu thụ.

a) Em hãy tìm hiểu để giải thích vì sao lượng glucose trong máu luôn ổn định ở mức khoảng 0,1%.

b) Theo em, khi cơ thể hoạt động thể thao hay khi ăn uống sẽ xảy ra đồng thời hai quá trình sinh ra và mất đi glucose? Giải thích. Sự ổn định của glucose trong máu có thể được coi là trạng thái cân bằng hoá học không? Nếu có, hãy đề xuất cân bằng đó..

Hướng dẫn giải

a) Tuyến tuỵ có vai trò quan trọng trong việc ổn định lượng đường trong máu bởi tuyến này sản xuất hai loại hormone: insulin và glucagon. Hoạt động ăn uống sinh ra glucose, lúc này insulin sẽ có vai trò chuyển glucose thành glycogen tích trữ trong gan. Khi cơ thể hoạt động sẽ tiêu thụ glucose, lúc này glucagon sẽ có vai trò chuyển glycogen trong gan thành glucose.

b) Cả hai thời điểm đều xảy ra đồng thời hai quá trình sinh ra và mất đi glucose.

- Khi hoạt động thể thao: tiêu hao glucose nhưng lại được sinh ra bổ sung từ glycogen.
- Khi ăn uống: sinh ra glucose do ăn uống và mất đi glucose do hoạt động của một số bộ phận (tay, miệng, não bộ,...).

Có thể coi đó là cân bằng hoá học đặc biệt do sự sinh ra và mất đi glucose liên quan đến các phản ứng hoá học. Ví dụ: Glucose ⇌ Glycogen.

Câu 4 (HỘI CÁC TRƯỜNG THPT CHUYÊN VÙNG DUYÊN HẢI VÀ ĐỒNG BẰNG BẮC BỘ NĂM 2023).

Hóa học xanh (Green chemistry) luôn hướng tới các quá trình sản xuất sạch hơn, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tách loại, thu hồi, tái sử dụng các chất thải. Dưới đây là một ví dụ:

Để tách loại các kim loại nặng Cr(VI), Ni(II) từ nước thải mạ điện, người ta tiến hành khử Cr(VI) về Cr(III) bằng $FeSO_4$ trong môi trường acid, sau đó dùng kiềm để kết tủa các hydroxide $Cr(OH)_3$, $Ni(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ tại các pH thích hợp nhằm thu hồi, tái sử dụng lại hydroxide của các kim loại này.

Giả thiết nồng độ ban đầu của các ion Cr(VI) và Ni(II) trong nước thải đều bằng 10^{-3}M; lượng $FeSO_4$ lấy vừa đủ để khử Cr(VI) về Cr(III) (coi thể tích dung dịch nước thải không đổi). Hãy xác định các giá trị pH sau đây đối với từng hydroxide kim loại:

- pH_{bd} của dung dịch khi bắt đầu xuất hiện kết tủa hydroxide kim loại.
- pH_{ht} của dung dịch khi kết tủa hoàn toàn hydroxide kim loại. (Các hydroxide kim loại được xem như kết tủa hoàn toàn khi nồng độ ion kim loại còn lại trong dung dịch nhỏ hơn hoặc bằng 10^{-6}M).

Cho tích số tan K_s của $Fe(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Ni(OH)_2$ lần lượt bằng 10^{-38}, 10^{-30}, 10^{-15}. $K_W = 10^{-14}$

Hướng dẫn giải

- Đối với Fe^{3+}:

Để bắt đầu kết tủa $Fe(OH)_3$ thì $C_{OH^-} = \sqrt[3]{\frac{K_{s,Fe(OH)_3}}{C_{Fe^{3+}}}} = 1,4938.10^{-12}$M

$pH_{bd} = 2,17$

Khi $Fe(OH)_3$ kết tủa hoàn toàn thì $C_{OH^-} = \sqrt[3]{\frac{K_{s,Fe(OH)_3}}{10^{-6}}} = 2,154.10^{-11}$ M

$pH_{ht} = 3,33$

- Đối với Cr^{3+}:

Để bắt đầu kết tủa $Cr(OH)_3$ thì $C_{OH^-} = \sqrt[3]{\frac{K_{s,Cr(OH)_3}}{C_{Cr^{3+}}}} = 10^{-9}$M

$pH_{bd} = 5,00$

Khi $Cr(OH)_3$ kết tủa hoàn toàn thì $C_{OH^-} = \sqrt[3]{\frac{K_{s,Cr(OH)_3}}{10^{-6}}} = 10^{-8}$M

$pH_{ht} = 6,00$

- Đối với Ni^{2+}:

Để bắt đầu kết tủa $Ni(OH)_2$ thì $C_{OH^-} = \sqrt{\frac{K_{s,Ni(OH)_2}}{C_{Ni^{2+}}}} = 10^{-6}$M

$pH_{bd} = 8,00$

Khi $Ni(OH)_2$ kết tủa hoàn toàn thì $C_{OH^-} = \sqrt{\frac{K_{s,Ni(OH)_2}}{10^{-6}}} = 3,162.10^{-5}$M

$pH_{ht} = 9,50$

Câu 5 (ĐỀ THI ĐỀ XUẤT THPT CHUYÊN BẮC NINH - TỈNH BẮC NINH NĂM 2023).

Nhiễm độc chì luôn luôn đáng lo ngại. Trong cơ thể con người, mức độ độc hại của chì có thể được giảm bớt bằng cách sử dụng phối tử $EDTA^{4-}$ để tạo phức $[Pb(EDTA)]^{2-}$ rất bền (hằng số bền $\beta(Pb) = 10^{18,0}$ và được thận bài tiết. Phối tử $EDTA^{4-}$ được cung cấp bằng cách tiêm truyền dd $Na_2[Ca(EDTA)]$. Biết phức $[Ca(EDTA)]^{2-}$ tương đối kém bền (hằng số bền $\beta(Ca) = 10^{10,7}$), sự trao đổi calcium với chì chủ yếu diễn ra trong mạch máu.

a) Hàm lượng chì trong máu của một bệnh nhân là 0,828 µg/mL. Tính nồng độ chì theo µmol/L trong máu của bệnh nhân này..

b) Trong một thí nghiệm, người ta điều chế một dung dịch hỗn hợp từ $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ và $Na_2[Ca(EDTA)]$. Trong dung dịch thu được, nồng độ của $Ca(NO_3)_2$ là 2,5 mM và của $Na_2[Ca(EDTA)]$ là 1,0 mM. Thêm $Pb(NO_3)_2$ rắn vào để đạt được nồng độ chì tương ứng với nồng độ chì trong máu của bệnh nhân nêu trên. Không xét tính chất acid base của các tiểu phân có liên quan và thể tích dung dịch coi như không đổi, tính tỉ lệ nồng độ $[[Pb(EDTA)]^{2-}]/[Pb^{2+}]$ trong dung dịch thu được tại thời điểm cân bằng.

c) Sự giảm nồng độ của phức $[Pb(EDTA)]^{2-}$ trong máu thông qua quá trình bài tiết tuân theo quy luật động học bậc nhất. Sau 2 giờ, nồng độ của phức $[Pb(EDTA)]^{2-}$ trong máu của hầu hết bệnh nhân giảm 60%. Tính "chu kỳ bán hủy sinh học" của phức $[Pb(EDTA)]^{2-}$.

Hướng dẫn giải

a/ $$C_{Pb^{2+}} = \frac{0,828.10^{-6} / 207}{10^{-3}} = 4.10^{-6}(M) = 4(\mu M)$$

b/ Xét phản ứng: $[Ca(EDTA)]^{2-}(aq) + Pb^{2+}(aq) \rightleftharpoons [Pb(EDTA)]^{2-}(aq) + Ca^{2+}(aq)$ (1)

Ta có: $\beta(Pb) = \frac{[Pb(EDTA)^{2-}]}{[Pb^{2+}].[EDTA^{4-}]}$; $\beta(Ca) = \frac{[Ca(EDTA)^{2-}]}{[Ca^{2+}].[EDTA^{4-}]} \rightarrow \beta^{-1}(Ca) = \frac{[Ca^{2+}].[EDTA^{4-}]}{[Ca(EDTA)^{2-}]}$

$\rightarrow$ $$\beta(Pb).\beta^{-1}(Ca) = \frac{[Pb(EDTA)^{2-}]}{[Pb^{2+}].[EDTA^{4-}]}.\frac{[Ca^{2+}].[EDTA^{4-}]}{[Ca(EDTA)^{2-}]} = \frac{[Pb(EDTA)^{2-}]}{[Pb^{2+}]}.\frac{[Ca^{2+}]}{[Ca(EDTA)^{2-}]} = K$$

$\rightarrow$ $K = \beta(Pb).\beta^{-1}(Ca) = 10^{7,3}$

Do khả năng tạo phức mạnh và ion Ca^{2+} dư so với tổng lượng EDTA nên tất cả các phối tử coi như sẽ liên kết hết với chì hoặc canxi trong phức chất.

Xét cân bằng:

	$[Ca(EDTA)]^{2-}(aq)$ +	$Pb^{2+}(aq)$ ⇌	$[Pb(EDTA)]^{2-}(aq)$ +	$Ca^{2+}(aq)$ (1)
C_o(M):	10^{-3}	4.10^{-6}		$2,5.10^{-3}$
[ ] (M)	$(10^{-3} – 4.10^{-6} + x)$	x	$(4.10^{-6} – x)$	$(2,5.10^{-3} + 4.10^{-6} – x)$

Từ giá trị của K và giả sử $x << 4.10^{-6}$, tính được $x = 5.04.10^{-13}$ (thỏa mãn giả sử)

Vậy, $$\frac{[Pb(EDTA)^{2-}]}{[Pb^{2+}]} = \frac{4.10^{-6}}{5,04.10^{-13}} = 7,944.10^{6}$$

c/ Áp dụng phương trình động học bậc nhất, tính được $k = 0,458(giờ^{-1}) \rightarrow t_{1/2} = 1,51$ (giờ)

Câu 6 (ĐỀ THI ĐỀ XUẤT THPT CHUYÊN HƯNG YÊN - TỈNH HƯNG YÊN NĂM 2023).

Nước ô nhiễm sắt thường có mùi "tanh" và không sử dụng được do ảnh hưởng tới sức khỏe. Một mẫu nước giếng khoan (nước ngầm) ô nhiễm sắt ở dạng Fe^{2+} xác định được nồng độ là 25 ppm.

a. Tính nồng độ Fe^{2+} theo đơn vị $mol.L^{-1}$. Biết rằng $M_{Fe} = 55,85\ g.mol^{-1}$ và 1 ppm = 1 $mg.L^{-1}$.

b. Tính pH của mẫu nước ô nhiễm sắt. Coi các chất khác không ảnh hưởng tới pH của hệ.

c. Khi được hút lên và để tiếp xúc với không khí đủ lâu thì sắt(II) trong nước sẽ bị oxi hóa hoàn toàn thành sắt(III). Khi đó một phần sắt(III) sẽ chuyển thành kết tủa $Fe(OH)_3$. Hỏi có sử dụng mẫu nước sau khi cho tiếp xúc với không khí làm nước sinh hoạt được hay không? Biết hàm lượng cho phép của ion sắt trong nước sinh hoạt là 0,3 $mg.L^{-1}$ và pH của nước không thay đổi.

Cho các giá trị nhiệt động ở 25°C:

$Fe(OH)^+$ có $-lg\beta = 5,92$; $Fe(OH)^{2+}$ có $-lg\beta = 2,17$; $Fe(OH)_3$ có $pK_S = 37$.

Hướng dẫn giải

a.

$C = 25mg.L^{-1} = \frac{25}{1000x55,85} = 4,48.10^{-4}\ mol.L^{-1}$.

b.

Trong dung dịch có các cân bằng:

(1) $Fe^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)^+ + H^+$ $\beta = 10^{-5,92}$

(2) $H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$ $K_w = 10^{-14}$

Vì $C.\beta >> K_w$ nên bỏ qua sự điện li của nước

Ta có:

	Fe^{2+}	+ H_2O ⇌	$Fe(OH)^+$	+ H^+	$\beta = 10^{-5,92}$
C	$4,48.10^{-4}$				
[ ]	$4,48.10^{-4} - h$		h	h	

$$\beta = \frac{[H^+][Fe(OH)^+]}{[Fe^{2+}]} = \frac{h^2}{4,48.10^{-4} - h} = 10^{-5,92} \Rightarrow h = 2,26.10^{-5}$$

$\Rightarrow h = 2,26.10^{-5}$ M hay pH = 4,65

c.

Ở pH = 4,65. Gọi tổng nồng độ Fe(III) tan trong dung dịch là c

$\Rightarrow [Fe^{3+}] + [Fe(OH)^{2+}] = c$

Ta có:

$$[Fe^{3+}] = \frac{K_S}{[OH^-]^3} = \frac{K_S}{K_w^3}[H^+]^3$$

$$[Fe(OH)^{2+}] = \beta\frac{[Fe^{3+}]}{[H^+]} = \beta\frac{K_S}{K_w^3}[H^+]^2$$

$$\Rightarrow c = \frac{K_S}{K_w^3}[H^+]^3 + \beta\frac{K_S}{K_w^3}[H^+]^2 = 3,4.10^{-7}M = 0,019\ mg/L < 0,30\ mg/L$$

$\Rightarrow$ mẫu nước trên sử dụng được trong sinh hoạt.

Câu 7 (ĐỀ THI ĐỀ XUẤT THPT CHUYÊN LÊ QUÝ ĐÔN - TỈNH ĐIỆN BIÊN NĂM 2023).

Một trong những thuốc thử đặc trưng để tìm ion Pb^{2+} (trong dung dịch) là Na_2CrO_4. Cho biết, kết tủa $PbCrO_4$ màu vàng, tan được trong dung dịch NaOH dư; trong khi đó, kết tủa PbS màu đen, không tan được trong dung dịch NaOH.

Thêm từ từ 0,05 mol $Pb(NO_3)_2$ vào 1,0 L dung dịch **X** gồm 0,02 mol Na_2S và 0,03 mol Na_2CrO_4, thu được hỗn hợp **Y** gồm phần kết tủa và phần dung dịch (coi thể tích không thay đổi khi thêm $Pb(NO_3)_2$ vào dung dịch **X**).

1. Tính pH của dung dịch **X**.

2. Bằng lập luận và đánh giá hợp lí, chứng tỏ rằng, pH phần dung dịch của **Y** xấp xỉ bằng 7,0.

Cho biết:

$pK_{a1(H_2S)} = 7,02$; $pK_{a2(H_2S)} = 12,90$; $pK_{a(HCrO_4^-)} = 6,50$;

$pK_{s(PbS)} = 26,60$; $pK_{s(PbCrO_4)} = 13,70$; $pK_{s(Pb(OH)_2)} = 14,90$

$2\,CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O$ $K = 3,13.10^{14}$

$Pb^{2+} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+$ $\lg {}^*\beta_1 = \lg {}^*\beta_{Pb(OH)^+} = -7,80$

$Pb^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Pb(OH)_{2(dd)} + 2H^+$ $\lg {}^*\beta_2 = \lg {}^*\beta_{Pb(OH)_2} = -17,20$

$Pb^{2+} + 3H_2O \rightleftharpoons Pb(OH)_3^- + 3H^+ \quad \lg {}^*\beta_3 = \lg {}^*\beta_{Pb(OH)_3^-} = -28,00$

$K_a = -\lg K_a$; $pK_s = -\lg K_s$; ở 25°C: $\frac{2,303RT}{F} = 0,0592$ V)

(với p

Hướng dẫn giải

Các quá trình xảy ra trong dung dịch **X**:

$S^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HS^- + OH^- \quad K_{b1} = 10^{-1,1} \quad (1)$

$HS^- + H_2O \rightleftharpoons H_2S + OH^- \quad K_{b2} = 10^{-6,89} \quad (2)$

$CrO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCrO_4^- + OH^- \quad K_b = 10^{-7,50} \quad (3)$

Chú ý: K_b của (3) tính được từ pK_a của $HCrO_4^-$ và $K_w(H_2O)$.

$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+ \quad K_w = 10^{-14} \quad (4)$

So sánh các cân bằng (1), (2), (3) và (4) ta có:

$K_{b1}.C_{S^{2-}} >> K_{b2}.C_{HS^-} > K_b.C_{CrO_4^{2-}} >> K_w$ nên pH_X được tính theo (1):

$S^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HS^- + OH^- \quad K_{b1} = 10^{-1,1} \quad (1)$

[ ] 0,02 – x x x

$\rightarrow [OH^-] = x = 0,0166$ (M) $\rightarrow$ pH = 12,22.

$Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS\downarrow$

0,05 0,02

0,03 -

$Pb^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow PbCrO_4\downarrow$

0,03 0,03

- -

Trong hỗn hợp **Y**, phần kết tủa gồm PbS và $PbCrO_4$; phần dung dịch gồm Na^+ và NO_3^-. Từ cân bằng, ta có:

$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O \quad K_1 = 3,13.10^{14}$

$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^- \quad (K_W)^2 = 10^{-28}$

$\rightarrow 2CrO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + 2OH^- \quad K_2 = 3,13.10^{-14}$

Vì $K_{S(PbCrO_4)} >> K_{S(PbS)}$ và vì ${}^*\beta_1 >> {}^*\beta_2 >> {}^*\beta_3$ nên trong hỗn hợp **Y** chủ yếu xảy ra các cân bằng:

$PbCrO_4 \rightleftharpoons Pb^{2+} + CrO_4^{2-} \quad K_S = K_{S(PbCrO_4)} = 10^{-13,70} \quad (5)$

S S (với S là độ tan của $PbCrO_4$ trong **Y**)

$Pb^{2+} + H_2O \rightleftharpoons PbOH^+ + H^+ \quad {}^*\beta_1 = 10^{-7,80} \quad (6)$

$CrO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCrO_4^- + OH^- \quad K_b = 10^{-7,50} \quad (7a)$

$2CrO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + 2OH^- \quad K_2 = 3,13.10^{-14} \quad (7b)$

$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+ \quad K_w = 10^{-14} \quad (8)$

Vì $K_2 = 3,13.10^{-14}$ nhỏ, nên chấp nhận bỏ qua quá trình (7b).

So sánh các cân bằng (6), (7a) và (8) ta thấy:

${}^*\beta_1.S^0 = {}^*\beta_1\sqrt{K_s} = 10^{-14,65} \approx K_b.S^0 = K_b\sqrt{K_s} = 10^{-14,35} \approx K_W = 10^{-14}$

(với S_0 là độ tan của $PbCrO_4$ trong nước không kể các quá trình (6), (7a) và (7b)), do đó, có thể coi khả năng cho, nhận proton của các cấu tử trong hỗn hợp **Y** gần như tương đương nhau, vì vậy $pH_Y \approx 7,0$.

Chú ý:

Việc kiểm tra cho thấy ở pH = 7,0:

$\frac{[Pb(OH)_{2(dd)}]}{[Pb^{2+}]} = \frac{{}^*\beta_2}{[H^+]^2} = \frac{10^{-17,2}}{10^{-14}} \ll 1; \frac{[Pb(OH)_3^-]}{[Pb^{2+}]} = \frac{{}^*\beta_3}{[H^+]^3} = \frac{10^{-28}}{10^{-21}} \ll 1$

nghĩa là việc tính toán bỏ qua sự tạo phức $Pb(OH)_{2(dd)}$ và $Pb(OH)_3^-$ là hợp lý.

Phần V: BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Có 5 mẫu sau: dung dịch KOH, dung dịch HCl, dung dịch H_2SO_4 , dung dịch Na_2SO_4 và dung dịch $NaNO_3$ được kí hiệu bằng các chữ cái: A, B, C, D và E (không theo trình tự trên). Kết quả của những thí nghiệm nhận biết về những mẫu này được ghi trong bảng sau:

Mẫu	Thuốc thử	
	Quỳ tím	Dung dịch $BaCl_2$
A	Đỏ	Kết tủa trắng
B	Xanh	Không kết tủa
C	Tím	Không kết tủa
D	Đỏ	Không kết tủa
E	Tím	Kết tủa trắng

Các chất tan trong các mẫu A, B, C, D, E lần lượt là

A. H_2SO_4, KOH, $NaNO_3$, HCl, Na_2SO_4.
B. HCl, KOH, $NaNO_3$, H_2SO_4, Na_2SO_4.
C. H_2SO_4, $NaNO_3$, KOH, HCl, Na_2SO_4.
D. H_2SO_4, KOH, HCl, $NaNO_3$, Na_2SO_4.

Hướng dẫn giải

A Vừa làm quỳ tím hóa đỏ, vừa tạo kết tủa trắng với $BaCl_2$ => A là H_2SO_4
D làm quỳ tím hóa đỏ , không tác dụng $BaCl_2$ => D là HCl
E không làm đổi màu quỳ tím, tạo kết tủa trắng với $BaCl_2$ => E là Na_2SO_4
B làm quỳ tím hóa xanh => B là KOH

Câu 2. Cho các phát biểu sau:
(a) Khi phản ứng thuận nghịch đạt trạng thái cân bằng hóa học thì phản ứng dừng lại.
(b) Cân bằng hóa học là cân bằng động.
(c) Các yếu tố luôn làm chuyển dịch cân bằng hóa học là: nhiệt độ, nồng độ và chất xúc tác.
(d) Phản ứng thuận nghịch là phản ứng xảy ra theo hai chiều ngược nhau trong cùng điều kiện.
(e) Sự điện li là quá trình phân li các chất trong nước tạo thành các ion.
(g) Môi trường acid là môi trường trong đó $[H^+]<10^{-7}$
(h) Dung dịch NaOH 0,01M có giá trị pH=2.
Số phát biểu **sai** là

A. 4. **B.** 2. **C.** 5. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

(a) sai vì cân bằng hóa học là cân bằng động
(c) sai vì chất xúc tác không ảnh hưởng đến cân bằng hóa học
(g) sai vì môi trường acid có $[H^+]>10^{-7}$
(h) sai pH=12

Câu 3. Có 5 dung dịch đựng trong 5 lọ riêng biệt, mỗi dung dịch chỉ chứa 1 chất tan có nồng độ 0,1M, gồm: $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4, $Ba(OH)_2$, Na_2CO_3, HCl. Tiến hành thí nghiệm với các dung dịch trên cho kết quả như sau:
- Dung dịch ở lọ (2) tác dụng với dung dịch ở lọ (3) có kết tủa và khí thoát ra.
- Dung dịch ở lọ (2) tác dụng với dung dịch ở lọ (1) hoặc dung dịch ở lọ (4) đều có kết tủa.
- Dung dịch ở lọ (4) tác dụng với dung dịch ở lọ (5) có khí thoát ra.

Cho các phát biểu sau:
(a) Độ pH của dung dịch ở lọ (4) lớn hơn độ pH của dung dịch ở lọ (1).
(b) Nhỏ vài giọt phenolphtalein vào dung dịch ở lọ (2), phenolphtalein chuyển sang màu hồng.
(c) Chất tan trong lọ (5) có trong dịch vị của dạ dày của con người.
(d) Cho dung dịch $BaCl_2$ vào dung dịch ở lọ (3), thấy xuất hiện kết tủa màu vàng.
Số phát biểu đúng là

A. 4. **B.** 2. **C.** 1. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

Theo kết quả thí nghiệm trên:
Lọ 1: K_2SO_4 (pH=7)
Lọ 2: $Ba(OH)_2$ (pH>7)
Lọ 3: $(NH_4)_2SO_4$ (pH<7)
Lọ 4: Na_2CO_3 (pH>7)
Lọ 5: HCl (pH<7)
=> a,b,c đúng
d sai vì tạo kết tủa màu trắng

Câu 4. Một học sinh làm thí nghiệm xác định độ pH của đất như sau: Lấy một lượng đất cho vào nước rồi lọc lấy phần dung dịch. Dùng máy đo được giá trị pH là 4,52. Loại đất trên được gọi là đất chua.
Cho các phát biểu sau:
(a) Loại đất trên có môi trường acid.
(b) Ta có thể bón vôi (CaO) để làm giảm độ chua của đất.
(c) Nồng độ H^+ trong dung dịch trên là $10^{-9,48}$ M.
(d) Cho dung dịch phenolphthalein vào phần dung dịch trên, thấy chuyển sang màu hồng.
Số phát biểu đúng là

A. 4. **B.** 2. **C.** 1. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

pH=4,52 => $[H^+]=10^{-4,52}$ M
=> phát biểu đúng là (a) , (b).

Câu 5. Cho các cân bằng hoá học sau:

(1) $2NO(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2$ (g) $\quad \Delta_r H^0_{298} = -115kJ$

(2) $2SO_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ $\quad \Delta_r H^0_{298} = -198kJ$

(3) $N_2(g)+3H_2$ (g) $\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ $\quad \Delta_r H^0_{298} = -92k$

(4) $C(s)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g)+H_2(g)$ $\quad \Delta_r H^0_{298} = 130kJ$

(5) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s)+CO_2(g)$ $\quad \Delta_r H^0_{298} = 178kJ$

Cho các phát biểu sau:
(a) Khi tăng nhiệt độ của hệ phản ứng, các cân bằng (4) và (5) chuyển dịch theo chiều thuận.
(b) Khi thay đổi áp suất chung của hệ phản ứng, cân bằng (4) không bị chuyển dịch.
(c) Khi thêm chất xúc tác Fe vào cân bằng (3), cân bằng (3) chuyển dịch theo chiều thuận .
(d) Khi thêm O_2 vào cân bằng (1); (2), cân bằng (1) chuyển dịch theo chiều nghịch, cân bằng (2) chuyển dịch theo chiều thuận.
Số phát biểu đúng là

A. 4. **B.** 2. **C.** 1. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

Phát biểu đúng là (a)
(b) sai vì cân bằng (4) số mol khí hai vế không bằng nhau => bị chuyển dịch.
(c) sai vì chất xúc tác không ảnh hưởng đến cân bằng.
(d) sai (cả cân bằng (1) và (2) đều chuyển dịch theo chiều thuận.

Câu 6. Xét cân bằng trong bình kín có dung tích không đổi: $X_{(g)} \rightleftharpoons 2Y_{(g)}$. Ban đầu cho 1 mol khí X vào bình, khi đạt đến trạng thái cân bằng thì thấy:
- Ở 40^0C trong bình có 0,75 mol X
- Ở 50^0C trong bình có 0,6 mol X

Có các phát biểu sau về cân bằng trên:

(1) Phản ứng nghịch là phản ứng tỏa nhiệt.

(2) Khi giảm áp suất của hệ phản ứng, cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch.

(3) Thêm tiếp X vào hỗn hợp cân bằng thì làm cho cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch.

(4) Thêm xúc tác thích hợp vào hỗn hợp cân bằng thì cân bằng vẫn không chuyển dịch.

Trong các phát biểu trên, số phát biểu đúng là

A. 4. **B.** 2. **C.** 1. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

Khi tăng nhiệt độ, số mol của X giảm đi → cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận → phản ứng thuận thu nhiệt → phản ứng nghịch là phản ứng tỏa nhiệt

Phản ứng thuận làm tăng số phân tử khí

(1) Đúng

(2) **Sai** vì giảm áp suất cân bằng chuyển dịch theo chiều tăng số phân tử khí => chiều thuận.

(3) **Sai** vì khi cho X vào hệ thì nồng độ của X tăng lên làm cho cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận.

(4) Đúng vì chất xúc tác không làm cân bằng chuyển dịch.

Câu 7. Bình kín X có dung tích là 5 lít. Cho vào bình X: 0,1 mol CO và 0,1 mol H_2O, sau đó thực hiện phản ứng ở 500°C theo phương trình hoá học sau: $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, ở trạng thái cân bằng có sự tạo thành 0,02 mol CO_2. Mặt khác, nếu cho vào bình X: 0,5 mol CO và 0,2 mol H_2O rồi đun đến 500°C, đến khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng thu được y mol CO_2. Giá trị của y là

A. 0,0918. **B.** 0,0854. **C.** 0,0742. **D.** 0,0616.

Hướng dẫn giải

Nồng độ mol ban đầu: $[CO]=\frac{0,1}{5}=0,02M \quad [H_2O]=\frac{0,1}{5}=0,02M$

	$CO_{(g)}$	+ $H_2O_{(g)}$	$\rightleftharpoons$ $CO_{2(g)}$	+ $H_{2(g)}$	
Ban đầu	0,1	0,02			(M)
Phản ứng	a	a	a	a	(M)
Cân bằng	0,02-a	0,02-a	a	a	(M)

Tại cân bằng: $[CO_2]=\frac{0,02}{5}=0,004M$ => a=0,004M => $[H_2]$=0,004M ;

[CO]=0,02-0,004=0,016M $[H_2O]$=0,016M

Hằng số cân bằng: $K_C=\frac{0,004.0,004}{0,016.0,016}=0,0625$

*Nồng độ mol ban đầu: $[CO]=\frac{0,5}{5}=0,1M \quad [H_2O]=\frac{0,2}{5}=0,04M$

	$CO_{(g)}$	+ $H_2O_{(g)}$	$\rightleftharpoons$ $CO_{2(g)}$	+ $H_{2(g)}$	
Ban đầu	0,1	0,04			(M)
Phản ứng	b	b	b	b	(M)
Cân bằng	0,1-b	0,04-b	b	b	(M)

$$\frac{b^2}{(0,1-b)(0,04-b)}=0,0625$$

=>

=> b = 0,01232

y = 0,01232.5=0,0616

Câu 8. Dung dịch Y chứa các ion Mg^{2+}, NH_4^+, SO_4^{2-}, NO_3^-. Lấy 100 mL dung dịch Y tác dụng với dung dịch $Ba(OH)_2$ dư, được 5,24 gam kết tủa, đồng thời giải phóng 991,6 mL (ở đkc) khí có mùi khai. Nếu cho dư H_2SO_4 loãng vào 100 mL dung dịch Y rồi thêm tiếp lượng dư bột Cu, khuấy đều cho các phản ứng xảy ra hoàn toàn thì thoát ra 495,8 mL (ở đkc) khí NO (là sản phẩm khử duy nhất). Cho các phát biểu sau

(a) Tổng khối lượng các ion trong dung dịch Y là 4,12.

(b) Trong dung dịch Y, Mg^{2+} có nồng độ mol/L là 0,2M.

(c) Cho dung dịch $BaCl_2$ dư vào 50 mL dung dịch Y ở trên, thu được 4,64 gam kết tủa.

(d) Để tạo ra dung dịch Y ở trên, người ta hòa tan hai muối vào nước. Hai muối đó là $Mg(NO_3)_2$ và $(NH_4)_2SO_4$.

Số phát biểu đúng là

A. 1. **B.** 2. **C.** 4. **D.** 3.

Hướng dẫn giải

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

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$

$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$

$3Cu + 8H^+ + 2NO_3^- \rightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$

Theo đề bài => mol NH_4^+ là 0,04, số mol NO_3^- là 0,02

Gọi x mol Mg^{2+}, y là số mol mol SO_4^{2-}

$\begin{cases} 58x + 233y = 5,24 \\ 2x - 2y = -0,02 \end{cases}$ giải được x=0,01 và y=0,02

Vậy: [NH_4^+]=0,4M; [NO_3^-]=0,2M; [Mg^{2+}]=0,1M; [SO_4^{2-}]=0,2M

Phát biểu đúng là: (a) , (d)

Câu 9. Cho 1 mol CH_3COOH và 1,6 mol C_2H_5OH vào bình phản ứng có thể tích không đổi chứa H_2SO_4 đặc. Đun nóng bình để thực hiện phản ứng ester hóa, đến khi đạt tới trạng thái cân bằng thì hiệu suất phản ứng của CH_3COOH đạt 80%. Hằng số cân bằng của phản ứng là

A. 2. **B.** 4. **C.** 6. **D.** 8.

Hướng dẫn giải

Do hiệu suất phản ứng đạt 80% =>mol CH_3COOH phản ứng: $n_{CH_3COOH} = 1.80\% = 0,8mol$

$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightleftharpoons{H_2SO_4 đ, t^0} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

Ban đầu	1 mol	1,6 mol	-	-
Phản ứng	0,8 mol	0,8 mol	0,8mol	0,8 mol
Cân bằng	0,2 mol	0,8 mol	0,8 mol	0,8 mol

$K_C = \frac{\frac{0,8}{V}.\frac{0,8}{V}}{\frac{0,2}{V}.\frac{0,8}{V}} = 4$

Câu 10. Cho phản ứng: $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{g)} + CO_{g)}$ $K_c = 1,0$.

Trong một bình kín có thể tích 2 lít, người ta cho vào đó 17,6 gam khí CO_2 và 3,2 gam khí H_2 ở 850°C. Nồng độ H_2 và CO_2 tại vị trí cân bằng lần lượt là

A. 0,64 M và 0,04 M. **B.** 0,16 M và 0,04 M. **C.** 0,64 M và 0,16 M. **D.** 0,16 M và 0,64 M.

Hướng dẫn giải

$[CO_2]=\frac{(17,6/44)}{2}=0,2M$; $[H_2]=\frac{(3,2/2)}{2}=0,8M$

$H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$

[]ban đầu: 0,8 0,2 (M)

[] phản ứng: x x x x (M)

[] cân bằng: (0,8-x) (0,2-x) x x (M)

$Kc = \frac{[H_2O].[CO]}{[H_2].[CO_2]} = \frac{x.x}{(0,8-x).(0,2-x)} = 1$

⇒ x = 0,16

⇒ Khi cân bằng: $[H_2O]=[CO]= 0,16M$

$[H_2]=0,64M$; $[CO_2]=0,04M$

Câu 11. Cho phản ứng: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

Cho 0,02 mol H_2 và 0,03 mol I_2 vào bình kín với dung tích 2 lít rồi đun nóng tới 200^0C đến khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng thu được x mol HI. Biết K_C ở 200^0C là 10, giá trị của x là

A. 0,029. **B.** 0,015. **C.** 0,007. **D.** 0,010.

Hướng dẫn giải

Nồng độ mol ban đầu: $[H_2]=\frac{0,02}{2}=0,01\ M$ $[I_2]=\frac{0,03}{2}=0,015M$

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

Ban đầu 0,01 0,015 (M)

Phản ứng a a 2a (M)

Cân bằng 0,01-a 0,015-a 2a (M)

$10 = \frac{(2a)^2}{(0,01-a)(0,015-a)}$

↳ $a = 7,27.10^{-3}$ => [HI]=2a=0,01454

↳ x = 0,01454.2=0,029

Câu 12. Thực hiện phản ứng ester hóa giữa 3 mol CH_3COOH và 3 mol C_2H_5OH trong bình kín đến khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng thì số mol ester thu được là 2 mol. Nếu tiến hành phản ứng giữa 3 mol CH_3COOH và 5 mol C_2H_5OH trong bình kín như trên thì hiệu suất ester hóa là

A. 55,71%. **B.** 64,23%. **C.** 70,25%. **D.** 80,91%.

Hướng dẫn giải

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

Ban đầu 3 3 mol

Phản ứng x x x x mol

Cân bằng 3-x 3-x x x mol

Tại cân bằng: n_{ester} = 2 mol => x=2 => $n_{CH3COOH}$=3-2=1 mol n_{C2H5OH} = 1 mol n_{H2O}= 2

Hằng số cân bằng $K_C=\frac{\frac{2}{V}.\frac{2}{V}}{\frac{1}{V}.\frac{1}{V}}=4$

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

Ban đầu 3 5

Phản ứng x x x x

Cân bằng 3-x 5-x x x

Ta có:

$\frac{x^2}{(3-x)(5-x)}=4$

Giải được x=2,4274

Hiệu suất phản ứng este hóa= $\frac{2,4274}{3}.100\%=80,91\%$

Câu 13. Ở t°c thực hiện phản ứng ester hóa một hỗn hợp ban đầu gồm 55,2 gam ethanol (C_2H_5OH) và 108 gam acetic acid (CH_3COOH). Khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng thì phản ứng đạt hiệu suất là 78,475% Nếu cũng ở điều kiện trên, thực hiện phản ứng với hỗn hợp gồm 0,2 mol C_2H_5OH ; 0,4 mol CH_3COOH; 0,6mol H_2O và 0,8 mol $CH_3COOC_2H_5$. Số mol của $CH_3COOC_2H_5$ và CH_3COOH tại thời điểm cân bằng mới lần lượt là

A. 0,7592 mol và 0,4408 mol. **B.** 0,7592 mol và 0,3592 mol.

C. 0,5592 mol và 0,2408 mol. **D.** 0,5592 mol và 0,1592 mol.

Hướng dẫn giải

Mol ban đầu: $n_{C_2H_5OH}=\frac{55,2}{46}=1,2mol$ $n_{CH_3COOH}=\frac{108}{60}=1,8mol$

H tính (C_2H_5OH) → số mol C_2H_5OH phản ứng =1,2.78,475%=0,9417 mol

	CH_3COOH +	C_2H_5OH ⇌	$CH_3COOC_2H_5$ +	H_2O	K_C
Ban đầu	1,8	1,2			(mol)
Phản ứng	0,9417	0,9417	0,9417	0,9417	(mol)
Cân bằng	0,8583	0,2583	0,9417	0,9417	(mol)

Hằng số cân bằng: $K_C=\frac{0,9417.0,9417}{0,8583.0,2583}=4$

* Ban đầu $\frac{0,8.0,6}{0,2.0,4}=6$ > K_C → cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch:

	$CH_3COOC_2H_5$ +	H_2O ⇌	CH_3COOH +	C_2H_5OH	K_C^{-1}
Ban đầu	0,8	0,6	0,4	0,2	mol
Phản ứng	x	x	x	x	mol
Cb:	(0,8-x)	(0,6-x)	(0,4+x)	(0,2+x)	mol

$K_C^{-1}=\frac{(0,4+x).(0,2+x)}{(0,8-x).(0,6-x)}=\frac{1}{4}\Rightarrow x=0,0408$

Tại cân bằng: $n_{CH_3COOC_2H_5}=0,8-0,0408=0,7592mol$ $n_{H_2O}=0,6-0,0408=0,5592mol$

$n_{CH_3COOH}=0,4+0,0408=0,4408mol$ $n_{C_2H_5OH}=0,2+0,0408=0,2408mol$

Câu 14. Nén hỗn hợp gồm 4 mol nitrogen và 16 mol hydorgen vào một bình kín có thể tích là 4 lít (chỉ chứa xúc tác với thể tích không đáng kể) đã được giữ ở nhiệt độ không đổi. Khi phản ứng trong bình đạt cân bằng, áp suất trong bình bằng 0,8 lần áp suất lúc đầu (lúc mới cho các khí vào chưa xảy ra phản ứng). Hằng số cân bằng của phản ứng là

A. 0,800. **B.** 0,128. **C.** 0,160. **D.** 0,256.

Hướng dẫn giải

	$N_{2(g)}$ +	$3H_{2(g)}$ ⇌	$2NH_{3(g)}$	
Ban đầu:	4	16		(mol)
Phản ứng:	x	3x	2x	(mol)
Cân bằng:	(4-x)	(16-3x)	2x	(mol)

Vì phản ứng xảy ra ở nhiệt độ không đổi và trong bình kín nên giữa áp suất và số mol ta có tỉ lệ:

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2}$

với P_1, P_2 lần lượt là áp suất trước, sau phản ứng

n_1, n_2 lần lượt là số mol trước, sau phản ứng

$\frac{P_1}{0,8P_1} = \frac{20}{n_2} \Rightarrow n_2 = 16(mol)$

Tổng số mol các chất sau phản ứng là:

(4-x) + (16-3x) + 2x = 16

$\Rightarrow$ x = 2

Số mol và nồng độ mol/l các chất sau phản ứng là:

$\Rightarrow n_{N_2} = 4-2 = 2(mol) \Rightarrow [N_2] = \frac{2}{4} = 0,5M$

$n_{H_2} = 16-3.2 = 10(mol) \Rightarrow [H_2] = \frac{10}{4} = 2,5M$

$n_{NH_3} = 2.2 = 4(mol) \Rightarrow [NH_3] = \frac{4}{4} = 1M$

$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2].[H_2]^3} = \frac{1^2}{(0,5).(2,5)^3} = 0,128$

Câu 15. Một bình kín chứa đồng thời hai khí N_2 và H_2 với nồng độ tương ứng là 0,375M và 0,875M. Thực hiện phản ứng với xúc tác thích hợp đến khi phản ứng đạt đến trạng thái cân bằng ở t°C thì thể tích khí H_2 chiếm 50% thể tích hỗn hợp khí thu được. Hằng số cân bằng K_C ở t°C của phản ứng là

A. 8. **B.** 4. **C.** 2. **D.** 6.

Hướng dẫn giải

	N_2	+ $3H_2$	$\rightleftharpoons$ $2NH_3$	
Ban đầu	0,375	0,875		(M)
Phản ứng	x	3x	2x	(M)
Cân bằng	0,375-x	0,875-3x	2x	(M)

Tại cân bằng, thể tích H_2 chiếm 50% thể tích khí thu được

$\Rightarrow$ 0,875 – 3x = (0,375 – x + 0,875 – 3x + 2x).50% $\Rightarrow$ x = 0,125

$\Rightarrow K_C = \frac{(2x)^2}{(0,375-x).(0,875-3x)^3} = 2$

Câu 16. Cho phản ứng thuận nghịch sau: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

Ở 430°C, nồng độ các chất ở trạng thái cân bằng là: $[H_2] = [I_2] = 0,107\ mol/L$; $[HI] = 0,786\ mol/L$.

Nếu cho 2 mol H_2 và 2 mol I_2 vào bình kín dung tích 10 lít, giữ bình ở 430°C thì nồng độ mol/L của I_2 bằng bao nhiêu?

A. 0,022M. **B.** 0,157 M. **C.** 0,314 M. **D.** 0,043 M.

Hướng dẫn giải

$K_C = \frac{(0,786)^2}{0,107.0,107} = 53,96$

Nồng độ mol ban đầu: $[H_2] = [I_2] = \frac{2}{10} = 0,2\ M$

	$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$	$K_C = 53,96$	
Ban đầu	0,2	0,2	(M)

Phản ứng	x	x	2x	(M)
Cân bằng	0,2-x	0,2-x	2x	(M)

$$K_C = \frac{(2x)^2}{(0,2-x).(0,2-x)} = 53,96 \Rightarrow x = 0,157$$

Hằng số cân bằng:

Vậy tại cân bằng:

[H2]=0,2-0,157=0,043M [I2]=0,2-0,157=0,043M [HI]=2.0,157=0,314M

Câu 17. Ethanol và propanoic acid phản ứng với nhau tạo thành ethyl propanoate theo phản ứng hoá học sau:

$$C_2H_5OH(l) + C_2H_5COOH(l) \rightleftharpoons C_2H_5COOC_2H_5(l) + H_2O(l)$$

Ở 50^{0}C, giá trị K_C của phản ứng trên là 7,5 . Nếu cho 23,0g ethanol phản ứng với 37,0g propanoic acid ở 50^{0}C thì khối lượng của ethyl propanoate thu được trong hỗn hợp ở trạng thái cân bằng là bao nhiêu? (Coi tổng thể tích của hệ phản ứng không đổi.)

A. 35,612 gam. **B.** 28,560 gam. **C.** 37,332 gam. **D.** 36,720 gam.

Hướng dẫn giải

Mol ban đầu: $n_{C_2H_5OH} = \frac{23}{46} = 0,5mol$ $n_{C_2H_5COOH} = \frac{37}{74} = 0,5mol$

	C_2H_5COOH	+	C_2H_5OH	$\rightleftharpoons$	$C_2H_5COOC_2H_5$	+	H_2O	K_C=7,5
Ban đầu	0,5		0,5					(mol)
Phản ứng	x		x		x		x	(mol)
Cân bằng	0,5-x		0,5-x		x		x	(mol)

$$K_C = \frac{\frac{x}{V}.\frac{x}{V}}{\frac{0,5-x}{V}.\frac{0,5-x}{V}} = 7,5 \Rightarrow x = 0,366$$

Hằng số cân bằng:

$$m_{C_2H_5COOC_2H_5} = 0,366.102 = 37,332gam$$

Câu 18. Cho cân bằng hoá học sau: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta_r H^0_{298} = -92\,kJ$

Cho 3,0 mol khí hydrogen và 1,0 mol khí nitrogen vào một bình kín dung tích 10 lít, có bột iron xúc tác, giữ bình ở 450^{0}C. Ở trạng thái cân bằng có 20% chất đầu chuyển hoá thành sản phẩm.

Cho các phát biểu sau:

(a) Số mol NH_3 ở trạng thái cân bằng là 0,2 mol.

(b) Hằng số cân bằng của phản ứng ở nhiệt độ trên là 2,89.

(c) Khi tăng nhiệt độ, cân bằng trên chuyển dịch theo chiều thuận.

(d) Khi tăng áp suất, cân bằng trên chuyển dịch theo chiều thuận.

Số phát biểu đúng là

A. 3. **B.** 4. **C.** 2. **D.** 1.

Hướng dẫn giải

Mol N_2 phản ứng: $n_{N_2(pu)} = 1.20\% = 0,2mol$

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad K_C = 53,96$$

	1	3	(mol)
Ban đầu			

Phản ứng	0,2	0,6	0,4	(mol)
Cân bằng	0,8	2,4	0,4	(mol)

a. Số mol tại cân bằng: $n_{N_2} = 0,8mol \quad n_{H_2} = 2,4mol \quad n_{NH_3} = 0,4mol$

B.Nồng độ mol tại cân bằng:

$$[N_2] = \frac{0,8}{10} = 0,08M \quad [H_2] = \frac{2,4}{10} = 0,24M \quad [NH_3] = \frac{0,4}{10} = 0.04M$$

$$K_C = \frac{(0,04)^2}{(0,08).(0,24)^3} = 1,447$$

Hằng số cân bằng:

c. Khi tăng nhiệt độ của phản ứng, cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thu nhiệt => cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch. (sai)

D. Khi tăng áp suất cân bằng chuyển dịch theo chiều giảm mol khí => chiều thuận (đúng)

Câu 19. Cho 100 mL dung dịch NH_3 0,1M vào 100 mL dung dịch HCl 0,08M thu dung dịch X. Biết $K_b = 1,8.10^{-5}$, giá trị pH của dung dịch X là

A. 8,65. **B.** 5,35. **C.** 1,10. **D.** 12,9.

Hướng dẫn giải

$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$

8.10^{-3} 8.10^{-3} 8.10^{-3}

=> mol NH_3 dư = 0,002mol => $[NH_3]$ =0,002/0,2 = 0,01 M

$[NH_4^+]$ = 0,008/0,2= 0,04M

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

0,01 0,04

x x x

0,01-x 0,04+x x

$$1,8.10\text{-}5 = \frac{x(0,04+x)}{0,01-x}$$

$x = 4,5.10^{-6}$

pH = 8,65

Câu 20. Dung dịch A là dung dịch CH_3COOH 0,1 M. Cho 100,0 mL dung dịch A vào 80,0 mL dung dịch NaOH 0,1 M. Biết $K_a = 1,8.10^{-5}$, giá trị pH của dung dịch A là

A. 8,65. **B.** 5,35. **C.** 1,10. **D.** 12,9.

Hướng dẫn giải

$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

ban đầu : 0,01 0,008 (mol)

sau phản ứng : 0,002 0 0,008 (mol)

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

[]ban đầu: $\frac{2.10^{-3}}{0,18}$ $\frac{8.10^{-3}}{0,18}$ (M)

[] phân li: y y y (M)

[] cân bằng: $\frac{2.10^{-3}}{0,18}$ - y $\frac{8.10^{-3}}{0,18}$ + y y (M)

$K_a = \frac{y.\left(\frac{8.10^{-3}}{0,18}+y\right)}{\frac{2.10^{-3}}{0,18}} = 1,8.10^{-5} \Rightarrow y = 4,5.10^{-6}$ (M) $= [H^+]$

$\Rightarrow$ pH = 5,35