

CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI (TT)

3. PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ HÓA LÝ

3.1 KEO TỤ - TẠO BÔNG

3.1.1 CƠ SỞ

Kích thước hạt (mm)	Loại hạt	Thời gian lắng (1 m)
10	Sỏi	1 s
1,0	Cát	10 s
0,1	Cát mịn	2 phút
0,01	Sét	2 h
0,001	Vi khuẩn	8 ngày
0,0001	Hạt keo	2 năm
0,00001	Hạt keo	20 năm

- ☞ Keo tụ tạo bông
- ☞ Tăng khả năng tách loại các chất rắn lơ lửng và BOD;
- ☞ Ứng dụng XL một số loại nước thải công nghiệp.

3.1.2 Khuấy Trộn

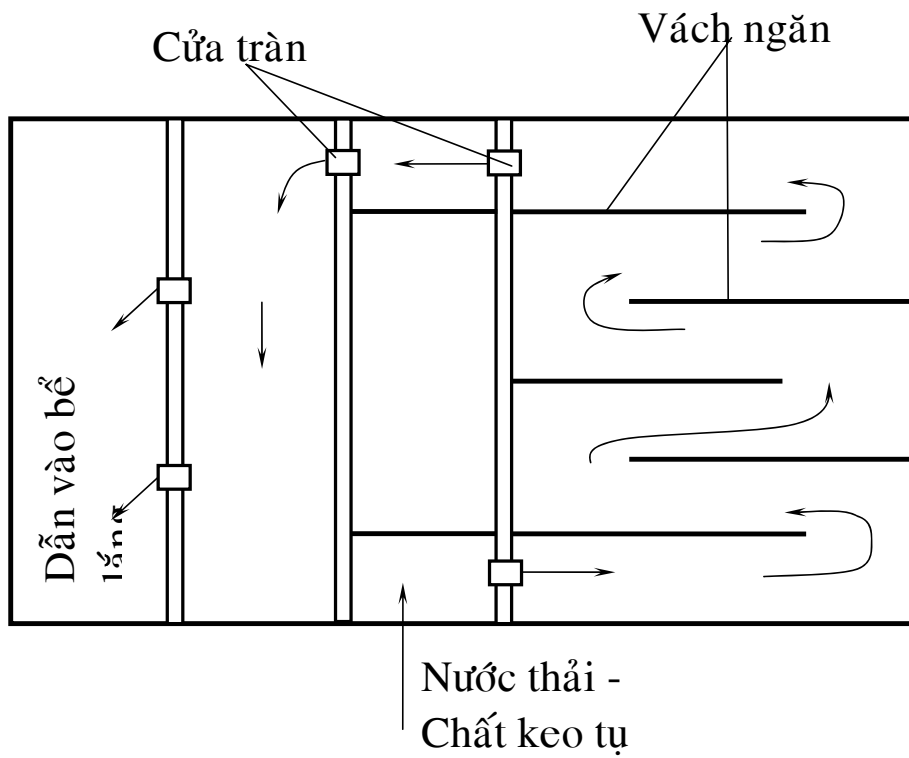
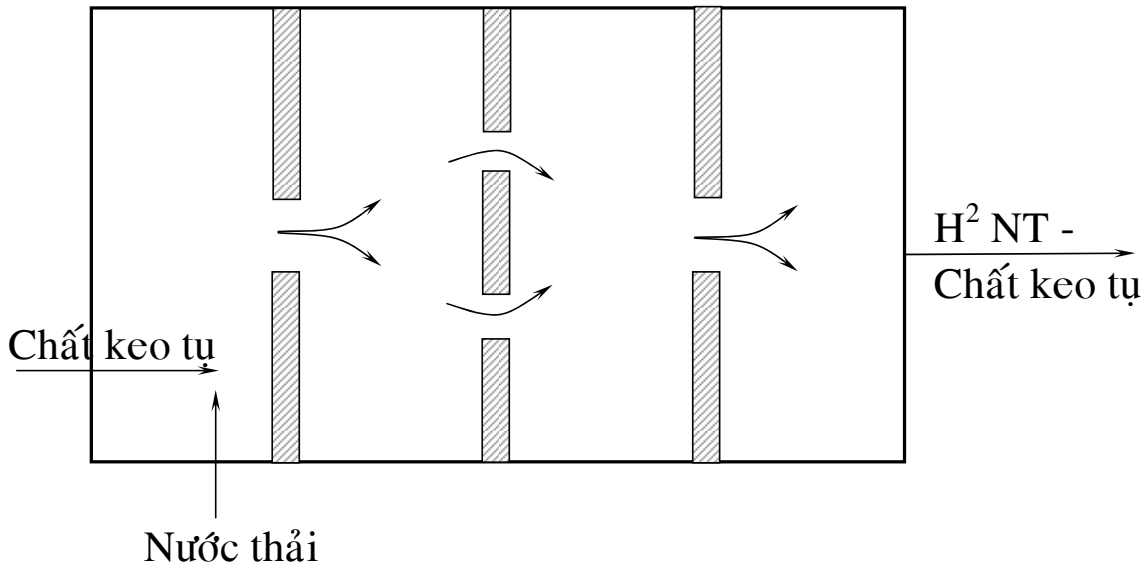
● Thiết bị khuấy trộn cần:

- ☞ Tạo sự xáo trộn đều;
- ☞ Phân tán nhanh hóa chất trong bể.

● Các dạng thiết bị trộn

☞ Dạng tĩnh

- ☞ Không có phần di động → dễ vận hành và bảo dưỡng
- ☞ Màng chắn/vách ngăn đặt trong bể → thay đổi hướng dòng chảy, gây xáo trộn d² trong bể.



KHUẤY BẰNG VÁCH NGẮN

☞ Khuấy bằng khí nén

- ☞ Khí nén được thổi từ bộ khếch tán nhúng chìm
- ☞ Gây sự xáo trộn d^2 trong bể.

☞ Khuấy cơ học

- ☞ Dùng cánh khuấy như cánh quạt, chong chóng, turbine,...
- ☞ Thời gian tiếp xúc từ 30 – 60 giây đến 2 phút;
- ☞ Năng lượng cần thiết: $G = 100$ đến 1000 s^{-1}

$$P = \frac{C_D \times A \times \rho \times v^3}{2}$$

☞ Năng lượng cần thiết để chuyển động cánh khuấy

Comment [G1]:

- ☞ P : năng lượng, N/s;
- ☞ A : diện tích cánh khuấy, m^2 ;
- ☞ ρ : khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3 ;
- ☞ v : vận tốc cánh khuấy đối với chất lỏng, m/s;
- ☞ C_D : hệ số ma sát.

☞ Gradient vận tốc sinh ra do đưa năng lượng từ bên ngoài vào thể tích nước V:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

- ☞ G : gradient vận tốc, s^{-1} ;
- ☞ P : năng lượng cung cấp (N/s)
- ☞ μ : Độ nhớt động học của nước (NS/m^2)
- ☞ V : Thể tích bể tạo bông (m^3)

☞ Thời gian cũng là thông số quan trọng ☞ G.t

- ☞ t: thời gian lưu nước;
- ☞ $G.t = 1 \times 10^4 - 1 \times 10^5$.

- ☞ Vận tốc nước vào bể = 0,6 m/s;
- ☞ Vận tốc nước qua cửa thông = 1m/s.

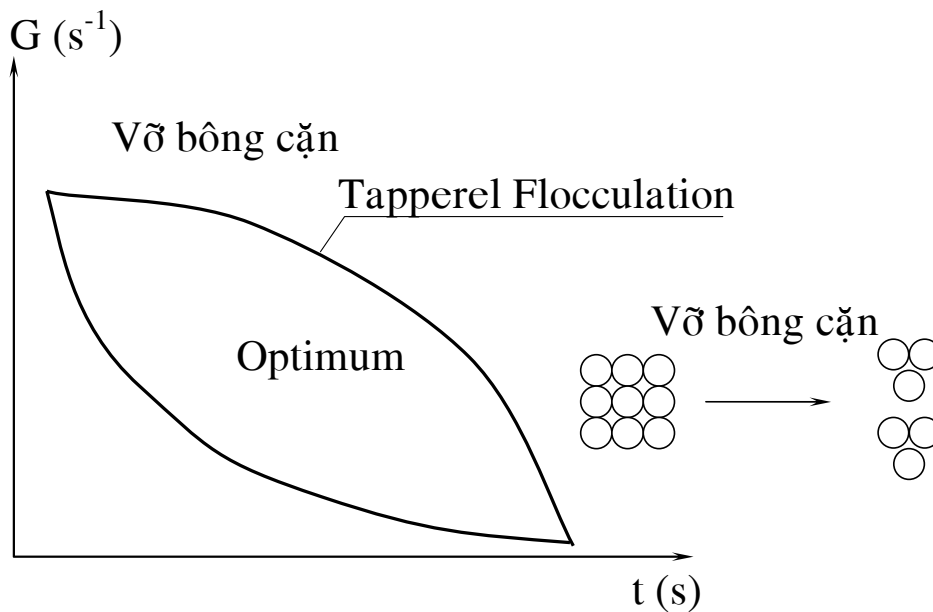
G và HRT trong thiết bị keo tụ- tạo bông thường dùng XLNT

Quá trình	Khoảng giá trị	
	HRT	G (s^{-1})
Khuấy trộn (Keo tụ)		
Khuấy trộn nhanh thường dùng trong xử lý nước thải.	5 – 20 s	250 – 1.500
Khuấy trộn nhanh trong quá trình lọc tiếp xúc.	< 1 – 5 s	1.500 – 7.500
Tạo bông		
Quá trình tạo bông thường dùng trong xử lý nước thải.	10 – 30 phút	20 – 80
Tạo bông trong quá trình lọc trực tiếp.	2 – 10 phút	20 – 100
Tạo bông trong quá trình lọc tiếp xúc.	2 – 5 phút	30 – 150

3.1.3 Tạo Bông

- ☞ Khuấy trộn bằng vách ngăn hoặc bằng cánh khuấy.
- ☞ Năng lượng khuấy trộn $G = 20 - 50 s^{-1}$,
- ☞ Thời gian khuấy từ 30 – 60 phút.
- ☞ Độ sâu của bể tạo bông có thể chọn như độ sâu bể lắng.

3.1.4 Tapered Flocculation



Quá trình tạo bông lý tưởng phải:

- ☞ Tạo bông nhanh ban đầu với G tương đối cao;
- ☞ Giảm dần G để không phá vỡ bông cặn đã hình thành.

3.1.5 Năng lượng khuấy trộn

☛ Máy Khuấy Dạng Chân Vịt và Dạng Turbine (Propeller and Turbine Mixers)

♪ Chảy Tầng ($N_R < 10$) : $P = k \cdot \mu \cdot n^2 \cdot D^3$

♫ Chảy Rối ($N_R > 10.000$) : $P = k \cdot \mu \cdot n^3 \cdot D^5$

- ☒ N_R : Số Reynolds;
- ☒ P : Năng lượng cần thiết (W);
- ☒ k : Hằng số;
- ☒ μ : Độ nhớt động học ($N \cdot S/m^2$);
- ☒ ρ : Khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m^3);
- ☒ D : Đường kính cánh khuấy (m);
- ☒ n : Vận tốc (vòng/s).

Số Reynold

$$N_R = \frac{D^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

- ☒ D : Đường kính cánh khuấy;
- ☒ n : Vận tốc (vòng/s);
- ☒ ρ : Tỷ trọng (kg/m^3);
- ☒ μ : Độ nhớt động học (NS/m^2).

☛ Máy Khuấy Dạng Mái Chèo (Paddle Mixer)

- ☒ Vận tốc đỉnh của cánh khuấy: 0,6 - 0,9 m/s;
- ☒ Vận tốc này đủ để xáo trộn nhưng không làm vỡ bông cặn.

$$F_D = \frac{C_D \times A \times \rho \times v_p^2}{2}$$

$$P = F_D \times v_P = \frac{C_D \times A \times \rho \times v_p^3}{2}$$

- ☒ F_D : Lực cản (N);
- ☒ C_D : Hệ số lực cản của cánh khuấy;
- ☒ A : Diện tích của cánh khuấy (m^2);
- ☒ v_p : Vận tốc tương đối của cánh khuấy trong chất lỏng (m/s), thường bằng 0,7 - 0,8 vận tốc đầu cánh;
- ☒ P : Năng lượng cần thiết (W).

☛ Máy Khuấy Dạng Tĩnh (Static Mixer)

$$P = \gamma \cdot Q \cdot h$$

- ☒ P : Năng lượng tiêu tốn (kW);
- ☒ γ : Khối lượng riêng của nước (kN/m^3);
- ☒ Q : Lưu lượng (m^3/s);
- ☒ h : Tổn thất áp lực khi chất lỏng chuyển động qua thiết bị (m)

☛ Máy Khuấy Bằng Khí Nén (Pneumatic Mixing)

$$P = p_a \times V_a \times \ln \frac{P_c}{P_a}$$

- ☒ P : Năng lượng tiêu tốn (kW);
- ☒ p_a : áp suất khí quyển;
- ☒ V_a : thể tích không khí ở áp suất khí quyển (m^3/s);
- ☒ p_c : Áp suất khí tại điểm xả (KN/m^2).

Bảng 3.1 Giá trị k

Cánh khuấy	Chảy tầng	Chảy rối
Cánh chân vịt, 3 cánh, bước răng vuông	41,0	0,32
Cánh chân vịt, 3 cánh	43,5	1,00
Turbin, 6 cánh phẳng	71,0	6,30
Turbin, 6 cánh cong	70,0	4,80
Turbin quạt, 6 cánh	70,0	1,65
Turbin, 6 cánh dạng mũi tên	71,0	4,00
Mái chèo phẳng, 6 cánh	36,5	1,70
Shrouded Turbin, 2 cánh cong	97,5	1,08
Shrouded Turbin với phân cố định	172,5	1,12

3.2 HẤP PHỤ (ADSORPTION)

3.2.1 Hệ thống thiết bị hấp phụ

Có 3 loại hệ thống thiết bị hấp phụ bao gồm:

- ☞ Khuấy trộn
- ☞ Lọc qua lớp chất hấp phụ
- ☞ Một bậc hay nhiều bậc
 - Chất hấp phụ được cho vào bậc 1: $C_d \searrow C_1$
 - Tách chất hấp phụ bằng thiết bị lắng hay lọc
 - Nước thải được chuyển tiếp sang bậc thứ 2
 - Cho chất hấp phụ mới vào: $C_1 \searrow C_2$
 - Tiếp tục các quá trình như vậy cho đến bậc cuối cùng.

Lượng chất hấp phụ cho quá trình hấp phụ 1 bậc

$$m = \frac{V(C_d - C_c)}{a}$$

- m: lượng chất hấp phụ tiêu tốn
- V: thể tích nước cần xử lý
- C_d, C_c : nồng độ đầu và nồng độ cuối của chất bị hấp phụ trong nước thải
- a: hệ số hấp phụ

Nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải sau bậc n

$$C_n = \left(\frac{V}{V + k.m} \right)^n . C_d$$

- k: hệ số phân bố: $k = \frac{a_t}{a} = \frac{C_d - C_c}{C_d - C_p}$
- a_t : giá trị hấp phụ riêng sau thời gian t
- C_p : nồng độ cân bằng của chất bị hấp phụ

Lượng chất hấp phụ bị tiêu tốn trên mỗi bậc

$$m_n = \frac{V}{k \left(\sqrt[n]{\frac{C_d}{C_n}} - 1 \right)}$$

Số bậc cần thiết

$$n = \log C_d - \log \frac{C_n}{\log(V + k.m) - \log V}$$

Nồng độ chất bị hấp phụ trong nước thải sau bậc n

$$C_k^n = \frac{\left(\frac{k.m}{V} - 1\right) C_d}{\left[\left(\frac{k.m}{V}\right)^n - 1\right]}$$

Liều lượng chất hấp phụ đưa vào bậc cuối cùng

$$\alpha.m^{n+1} - \beta.m - \gamma = 0$$

Trong đó:

$$\alpha = \left(\frac{k}{V}\right)^{n-1}$$

$$\beta = \frac{k.C_d}{V.C_n}$$

$$\gamma = \frac{C_d}{C_n - 1}$$

Số bậc n = K - 1

$$K = \frac{\log \left[C_d \left(\frac{k.m}{V} - 1 \right) + C_n \right] - \log C_n}{\log(m - V)k}$$

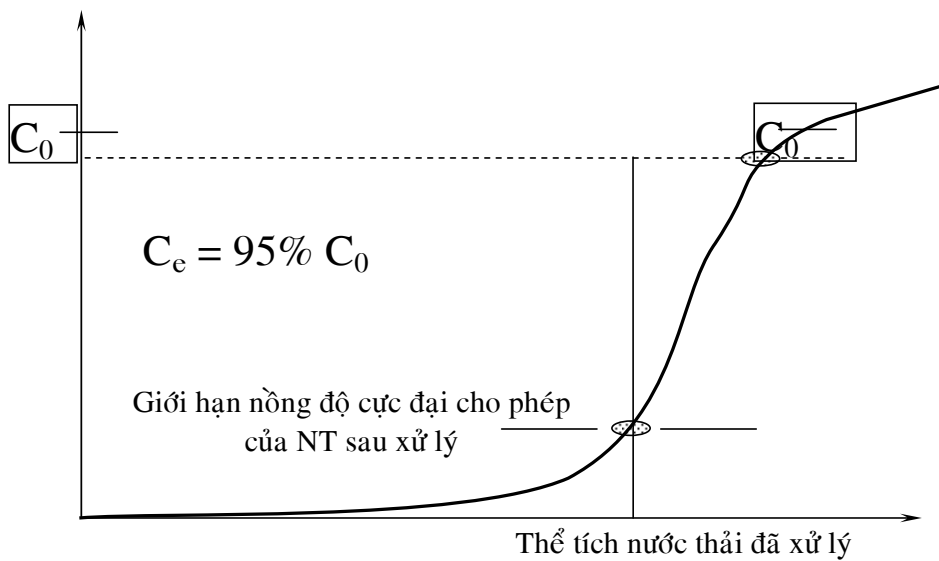
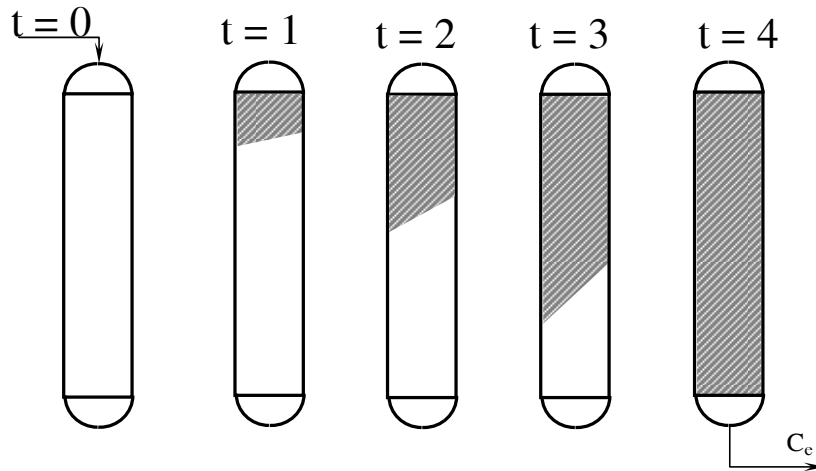
Tốc độ lọc phụ thuộc vào nồng độ chất hoà tan, ~ 2 - 6 m³/m².h

Chất hấp phụ dạng hạt có kích thước 1.5 - 5 mm

3.2.2 Tái sinh chất hấp phụ

Có 4 phương pháp tái sinh chất hấp phụ

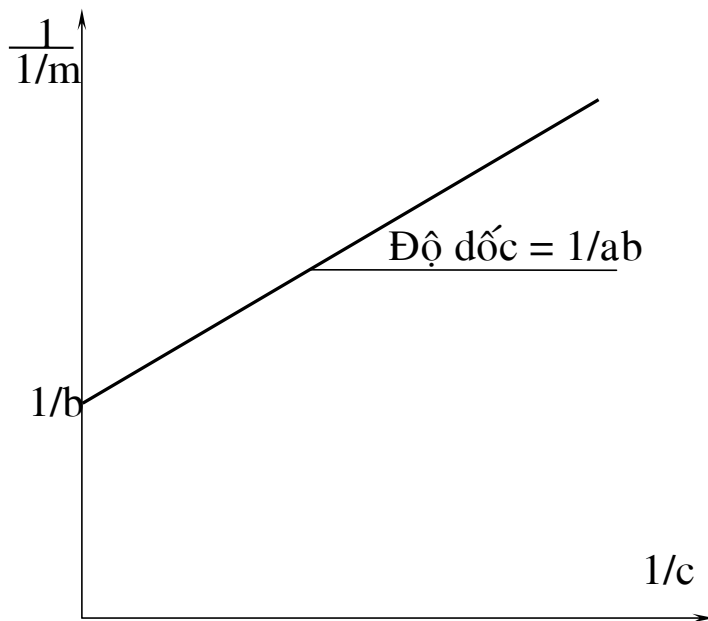
- Giải hấp phụ bằng hơi nước bão hoà, hơi quá nhiệt, khí trơ.
- Trích ly
- Tái sinh bằng nhiệt, 700 – 800°C trong điều kiện không có Oxi
- Phương pháp sinh học đối với chất bị hấp phụ có thể bị oxy hoá sinh hoá



Phương trình đường đẳng nhiệt langmuir

$$\frac{X}{M} = \frac{a.b.c}{1 + a.c} \quad \frac{X}{M} = \frac{a.b.c}{1 + a.c}$$

- ⊗ x : khối lượng chất bị hấp phụ (mg);
- ⊗ m : khối lượng chất hấp phụ (mg);
- ⊗ c : khối lượng chất bị hấp phụ còn lại trong dung dịch ở trạng thái cân bằng (mg/L);
- ⊗ a & b : hằng số.



Phương trình đường đẳng freundlich

$$\frac{X}{m} = K.C^{1/n} \Rightarrow \log \frac{X}{m} = \log K + \frac{1}{n} \cdot \log C$$

- ⊗ K & n: hằng số.

Ví Dụ

Kết quả thí nghiệm hấp phụ từ mô hình dạng mẻ được trình bày trong Bảng VD1. Hãy vẽ đường đẳng nhiệt Freundlich và xác định các hằng số n, K, A. Biết thể tích dung dịch thí nghiệm trong mỗi beaker là 500 mL và nồng độ chất bị hấp phụ ban đầu là 100 mg/L.

Bảng VD1 Kết quả thí nghiệm

Beaker	Khối lượng carbon (mg)	Nồng độ COD của NT sau khi hấp phụ (mg/L)
01	965	3.5
02	740	5.2
03	548	8.0
04	398	12.0
05	265	20.5
06	168	33.0
07	0	100.0

☛ Áp dụng phương pháp bình phương cực tiểu

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

3.2 CÔNG NGHỆ THẨM THẤU NGƯỢC

3.2.1 Hiện Tượng Thẩm Thấu

Trong một hệ kín chứa một màng bán thấm ngăn cách hai vùng khác nhau, mỗi vùng đều chứa cùng dung môi và chất tan với nồng độ khác nhau. Màng bán thấm có đặc tính chỉ cho dung môi thấm qua và ngăn không cho chất tan đi qua màng. Sau một thời gian nhất định, độ cao của chất lỏng bên ngăn có nồng độ chất hòa tan cao hơn tăng lên và bên ngăn kia giảm đi. *Chất lỏng được vận chuyển từ nơi có nồng độ chất hòa tan thấp đến nơi có nồng độ chất hòa tan cao hơn để cân bằng nồng độ của hệ.* Hiện tượng này được gọi là *thẩm thấu*. Hiện tượng này ngược với quá trình khuếch tán phân tử (là sự san bằng nồng độ chất tan từ vùng có nồng độ cao đến vùng có nồng độ thấp).

Nếu gọi ngăn có nồng độ chất hòa tan cao là 1 và ngăn có nồng độ chất hòa tan thấp là 2, hóa thế của dung môi trong hai ngăn tách biệt bởi màng bán thấm sẽ được biểu diễn như sau:

$$\mu_1 = \mu_1^0 + RT \ln a_1 + V \cdot p_1$$

$$\mu_2 = \mu_2^0 + RT \ln a_2 + V \cdot p_2$$

Trong đó a_1 và a_2 là hoạt độ của dung môi. Do $a_2 > a_1$ nên $\mu_2 > \mu_1$. Sự chênh lệch hóa thế sẽ dẫn đến dòng chảy của dung môi từ pha loãng tới pha đặc. Tại thế cân bằng $\mu_1 = \mu_2$, ta có:

$$\begin{aligned}\mu_1^0 + RT \ln a_1 + V \cdot p_1 &= \mu_2^0 + RT \ln a_2 + V \cdot p_2 \text{ hay} \\ RT \cdot (\ln a_2 - \ln a_1) &= V \cdot (p_1 - p_2) \\ RT \cdot (\ln a_2 - \ln a_1) &= V \cdot \Delta\pi\end{aligned}$$

Đại lượng $\Delta\pi$ được gọi là áp suất thẩm thấu.

3.2.2 Kỹ Thuật Thẩm Thấu Ngược

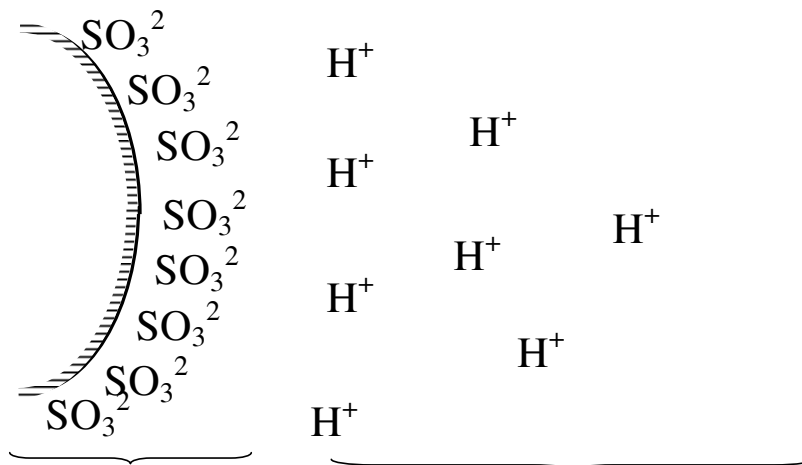
Như đã trình bày trên, khi hai dung dịch có nồng độ chất hòa tan khác nhau bị ngăn bởi một màng bán thấm thì nồng độ chất tan của dung dịch đặc sẽ được pha loãng bởi dung môi vận chuyển qua màng từ phía dung dịch loãng. Quá trình chỉ dừng lại khi nồng độ hai pha bằng nhau. Hiện tượng thẩm thấu này xảy ra tự động theo chiều thuận. Nếu áp đặt một áp suất phía dung dịch đặc thì quá trình vận chuyển dung môi sẽ bị kìm hãm lại, tăng dần áp suất đó cho tới khi bằng áp suất thẩm thấu, quá trình vận chuyển dung môi sẽ dừng lại. Tiếp tục tăng áp suất sẽ dẫn đến hiện tượng vận chuyển dung môi từ phía dung dịch đặc sang phía dung dịch loãng, ngược chiều với hướng áp suất thẩm thấu. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng thẩm thấu ngược và áp suất gây ra hiện tượng thẩm thấu ngược được gọi là áp suất động lực. Để hiện tượng thẩm thấu ngược xảy ra, áp suất động lực phải lớn hơn áp suất thẩm thấu, tốc độ vận chuyển dung môi qua màng tỷ lệ thuận với áp suất động lực.

Trong kỹ thuật lọc nước ngọt từ nước lợ hay nước mặn, áp suất thẩm thấu của dung dịch tỷ lệ với nồng độ muối NaCl với giá trị tăng tương ứng khoảng $0,691 \cdot 10^{-3}$ at khi tăng 1 mg/L. Kỹ thuật thẩm thấu ngược còn cho phép loại bỏ các chất hữu cơ tan như các acid hữu cơ, chất bảo vệ thực vật, ngoài ra cũng có thể áp dụng trong quá trình làm mềm nước.

Vật liệu chế tạo màng thẩm thấu ngược có thể là cellulose acetate, cellulose triacetate, polyamide, polyetheramide, polyetherurea. Màng cellulose acetate có hàm lượng acetate càng cao thì khả năng giữ muối càng tốt, nhưng khả năng thẩm nước kém.

3.3 TRAO ĐỔI ION

3.3.1 NGUYÊN LÝ TRAO ĐỔI ION



Lớp hấp phụ (lớp cố định): 2 lớp
- lớp ion bên trong;
- lớp trái dấu.

Lớp khuếch tán (lớp có thể chuyển động)

☛ Khi chất trao đổi ion gặp chất điện giải

- ☞ Tác dụng trao đổi;
- ☞ Tác dụng nén ép:

* Nồng độ muối trong d^2 ☞ lớp khuếch tán bị nén ép
☞ ion ngược dấu lớp khuếch tán thành của lớp hấp phụ
☞ phạm vi hoạt động của lớp khuếch tán trở nên nhỏ.

3.3.2 TÍNH NĂNG CHẤT TRAO ĐỔI ION

♣ TÍNH NĂNG VẬT LÝ

- ☞ Màu sắc: hơi thẫm;
- ☞ Hình thái : viên tròn;
- ☞ Cỡ hạt : 20 – 40 mesh
 - ⊗ Hạt lớn ☞ tốc độ trao đổi chậm;
 - ⊗ Hạt nhỏ ☞ tổn thất áp lực lớn;
 - ⊗ Hạt không đều ☞ bít tắc khe, trở lực tăng, trôi hạt nhỏ khi rửa.

☞ Tỷ trọng

$$\text{Tỷ trọng khô thật} = \frac{\text{Khối lượng khô thực}}{\text{Thể tích thực của hạt nhựa}} = 1,6 \text{ g/ml}$$

$$\text{Tỷ trọng ẩm thật} = \frac{\text{Khối lượng nhựa ẩm}}{\text{Thể tích của hạt nhựa ẩm}}$$

(1,04 – 1,3 g/ml)

$$\text{Tỷ trọng ẩm biểu kiến} = \frac{\text{Khối lượng nhựa ẩm}}{\text{Thể tích đồng của nhựa ẩm}}$$

(0,60 – 0,85 g/ml)

☞ Độ nở

- ☺ Độ liên kết càng nhỏ → độ nở càng lớn;
- ☺ Chất trao đổi càng dễ điện ly → độ nở càng lớn;
- ☺ Dung lượng trao đổi càng lớn → độ nở càng lớn;
- ☺ Nồng độ chất điện giải càng lớn → áp suất thẩm thấu ↗ → lớp điện tích kép bị co lại → độ nở ↘.
- ☺ Độ hydrat của ion có khả năng trao đổi càng lớn → bán kính hydrat lớn → độ nở càng lớn:

- ☼ Cation acid mạnh: $H^+ > Na^+ > NH_4^+ > K^+ > Ag^+$
- ☼ Anion bazơ mạnh: $OH^- > HCO_3^- \sim SO_4^{2-} > Cl^-$
- ☺ R-Na → R-H → thể tích tăng 5%
- ☺ Qt trao đổi và hoàn nguyên → nở, ngót → vỡ hạt.

☞ Tính chịu mài mòn: đảm bảo tổn thất < 3 – 7%/năm.

☞ Tính hòa tan.

☞ Tính chịu nhiệt:

- ☼ Cationit: chịu được nhiệt độ > 100°C.
- ☼ Anionit kiềm mạnh: ~ 60°C.
- ☼ Anionit kiềm yếu: ~ 80°C.

☞ Tính dẫn điện

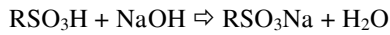
- ☼ Khô: không dẫn điện.
- ☼ Ẩm: dẫn điện tốt.

✂ TÍNH NĂNG HÓA HỌC

☞ Tính thuận nghịch.

☞ Tính acid, bazơ.

☞ Tính trung hòa, thủy phân

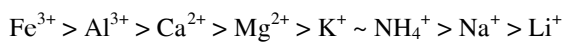


☞ Tính lựa chọn:

✎ Điện tích ion càng lớn → càng dễ bị trao đổi.

✎ Số thứ tự nguyên tử lớn → bán kính hydrat nhỏ → dễ TĐ

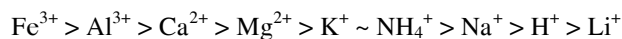
✎ Tính lựa chọn của cationit:



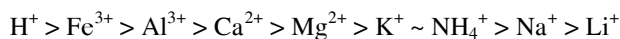
(Thích hợp đ/v d² nước có hàm lượng muối không cao)

D² đậm đặc → ảnh hưởng của ion:

* Cation acid mạnh R-SO₃⁻:



* Cation acid yếu R-COO⁻:



✎ Tính lựa chọn của anionit:



☞ Dung lượng trao đổi

☞ Tổng dung lượng trao đổi.

☞ Dung lượng trao đổi cân bằng.

☞ Dung lượng trao đổi làm việc.

3.3.3 NGUYÊN LÝ TRAO ĐỔI THÁP CỐ ĐỊNH

☞ Nước chứa Ca²⁺ trao đổi với RNa

Lớp mất hiệu lực – lớp làm việc - lớp CTĐ chưa làm việc