Chương 10

CÁC HỆ PHÂN TÁN (HỆ KEO)

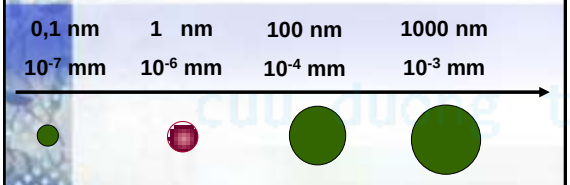
1

Nội dung

1. Giới thiệu
2. Tính chất động học
3. Tính chất quang học
4. Tính chất điện học
5. Sự bền vững và keo tụ

2

Giới thiệu



3

Giới thiệu

Keo: Trạng thái đặc biệt cuả một pha trong một hệ dị thể, khi kích thước các phần tử cuả pha đó giảm xuống dưới một giới hạn nào đó (qui ước).

Giới hạn kích thước keo: ≈ 1 nm < **keo** <≈ 1000 nm

Hạt keo: Phần tử cuả một pha ở trạng thái keo.

Hệ keo: Hệ dị thể bao gồm pha keo và môi trường bao quanh pha keo = môi trường phân tán

Nghiã hẹp hay dùng: hệ keo = pha keo.

4

Hệ phân tán

Hệ phân tán	Kích thước hạt, nm	Đặc điểm
Dung dịch phân tử	< 1	Hệ đồng thể một pha
Dung dịch keo	1-100	Hạt đi qua giấy lọc, không nhìn thấy trong kính hiển vi
Hệ phân tán TB và thô	> 100	Hạt không đi qua giấy lọc, nhìn thấy trong kính hiểm vi thường

5

Hệ phân tán

Hệ	Tên gọi hệ	Ví dụ
R/L	huyền phù	Nước phù sa
L/L	Nhũ tương	Sữa, mủ cao su
K/L	Bọt	Bọt xà phòng
R/R	Dung dịch keo rắn	Hợp kim, đá quí
L/R	Vật xốp	Chất hấp phụ xốp
K/R	Vật xốp (bọt rắn)	Chất hấp phụ xốp
R/K	Sol khí	Khói bụi
L/K	Sol khí	Mây, sương mù

6

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Tính chất động học

Chuyển động Brown (1828)

- ✓ Chuyển động Brown của các phân tử là chuyển động nhiệt ~ kT
- ✓ Chuyển động Brown của các phần tử pha phân tán là hệ quả va chạm với các phần tử môi trường phân tán.
- ✓ Kích thước phần tử phân tán > ~ 5 µm thì phần tử gần như đứng im (không Brown)
- ✓ Quãng đường chuyển dịch trung bình

7

Tính chất động học

Khuếch tán: quá trình tự san bằng nồng độ

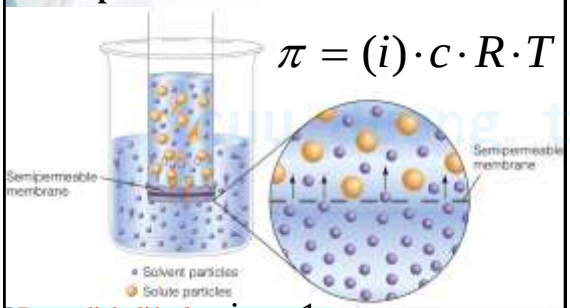
- khuếch tán tự xảy khi $\Delta c \neq 0$
- **Định luật Fick I**: $dn_i = -D_i \cdot S \cdot \frac{dc_i}{dx} \cdot dt$
- **Định luật Fick II**: $\frac{dc_i}{dt} = D_i \cdot \frac{d^2 c_i}{dx^2}$
- dạng cầu $D = \frac{R \cdot T}{6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot N} = \frac{k \cdot T}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$

Chậm hơn nhiều so với sự khuếch tán trong dung dịch

8

Áp suất thẩm thấu

$$\pi = (i) \cdot c \cdot R \cdot T$$



Dung dịch điện ly $i > 1$

Hệ keo $i << 1$

Sự sa lắng và cân bằng sa lắng

10

Tính chất quang

Kính thước hạt keo

10^{-5} - 10^{-7} cm

<

Bước sóng ánh sáng đơn sắc

4.10^{-5} - 7.10^{-5} cm

1. **Phân tán ánh sáng**
2. **Hấp thụ ánh sáng**

11

Tính chất quang

Phân tán ánh sáng - Hiệu ứng Tyndall (1868)

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Tính chất quang

Sự phân tán ánh sáng do nhiễu xạ trên các hạt keo:

Hạt keo → phân cực → hấp thu → phát ra ánh sáng thứ cấp.

Ánh sáng phân tán truyền khắp mọi hướng cường độ phụ thuộc vào hướng phân tán.

13

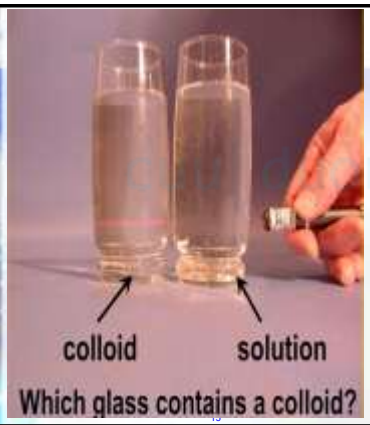
Tính chất quang

Hạt keo hình cầu, không dẫn điện, bán kính $r < \lambda/10$, nồng độ keo loãng:

Hệthức Rayleigh

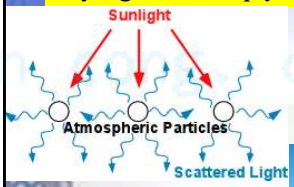
$$I_p = \frac{24\pi^3 \cdot C_h \cdot V}{\lambda^4 \cdot d} \cdot \left(\frac{n_1^2 - n_o^2}{n_1^2 + 2n_o^2} \right)^2 \cdot I_o$$

14



Tính chất quang

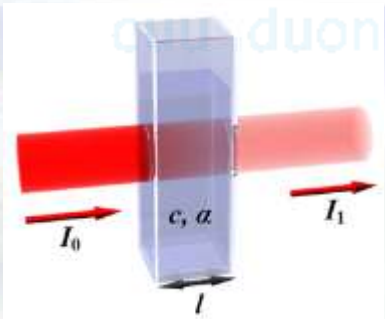
Bầu trời có màu xanh da trời là do tán xạ Rayleigh của khí quyển Trái Đất.



16

Tính chất quang

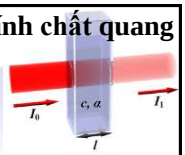
Hấp thụ ánh sáng



17

Tính chất quang

Cường độ ánh sáng ló khỏi hệ keo giảm so với cường độ ánh sáng tới, công thức Lambert-Beer



$$I = I_o \cdot e^{-\varepsilon \cdot c \cdot \lambda} \qquad \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon \cdot c \cdot \lambda$$

$\frac{I_0}{I}$ Độ trong suốt tương đối

$D = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon.C.l$ Độ hấp thu (mật độ quang)

18

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Tính chất quang

Ánh sáng qua hệ keo bị phân tán và hấp thụ → hấp thu giả

$$D = (\varepsilon + \varepsilon').C.l$$

$$\varepsilon' = f(\lambda, C_k, n_1, n_o, d...)$$

✓ Ánh sáng qua hệ keo bị **phân tán** và hấp thụ

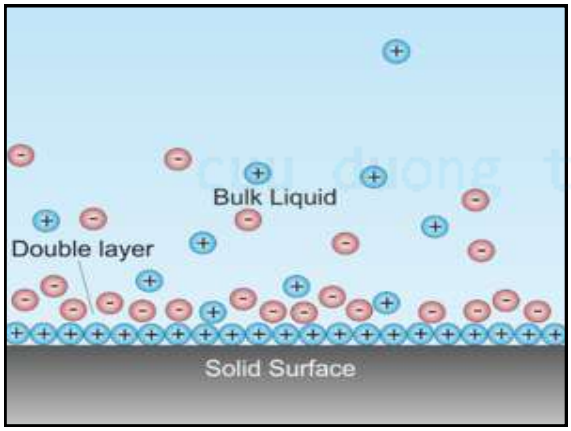
$$I = I_o \cdot e^{-\frac{\varepsilon \cdot c \cdot \lambda}{f(r^3)}} \qquad \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \frac{\varepsilon \cdot c \cdot \lambda}{f(r^3)}$$

19

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

- ✓ Bề mặt keo thường tích điện – ion tạo thế trên bề mặt keo rắn.
- ✓ Lực hút tĩnh điện → lớp ion tích điện trái dấu trong Pha lỏng áp sát bề mặt keo – lớp ion đối.
- ✓ Lớp ion tạo thế & lớp ion đối → lớp điện tích kép
- ➢ Nguyên nhân các hiện tượng điện động.
- ➢ Bề dày chịu ảnh hưởng của môi trường phân tán.
- ➢ Vai trò quan trọng giữ hệ keo bền (không keo tụ)

20



Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

* Ion hóa bề mặt chất rắn: chuyển một số ion vào dung dịch → bề mặt tích điện trái dấu với ion bị tách ra.

$AuCl_2H \Leftrightarrow AuCl_2^- + H^+$

hạt keo (-)

* Hấp thụ ion trên bề mặt pha rắn: ion được hấp thụ lên bề mặt trung hòa → bề mặt tích điện cùng dấu ion đó:

Cu^{2+} trong dd $CuSO_4$ hấp thụ lên thanh Cu.

22

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

Ion tạo thế: ion hấp thụ hay ion hóa trên bề mặt

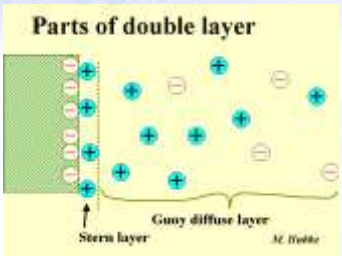
Ion đối: ion ngược dấu ion tạo thế đi vào dd hay còn lại trong dd

Coion: ion cùng dấu ion tạo thế nhưng ở trong dung dịch tạo sự cân bằng điện tích.

23

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

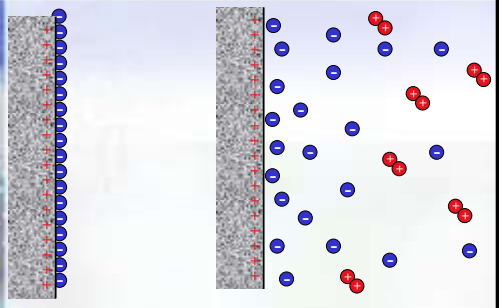
LĐTK: lớp các ion tạo thế, ion đối, coion phân bố có quy luật trên bề mặt pha ở trạng thái cân bằng động



24

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

ELECTRICAL DOUBLE LAYER



Helmholtz model (1879)

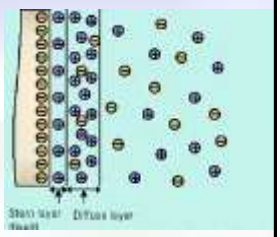
Guoy-Chapman model (1914)

25

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

Quan điểm hiện đại: các ion trong LĐTK có hai xu hướng trái ngược nhau:

- Tương tác với nhau do lực tĩnh điện & lực phân tử (hấp thụ) → giữ ion đối ở gần bề mặt phân chia pha.
- Chuyển động nhiệt hỗn loạn của các ion → san bằng (khuếch tán) nồng độ các ion trong lớp bề mặt & trong thể tích dung dịch

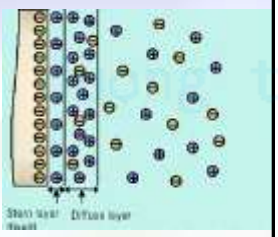


26

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

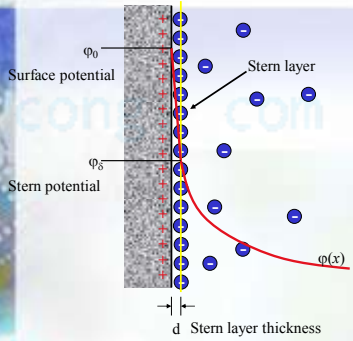
Lớp Stern

Lớp ion đối sát bề mặt tích điện, gồm một hay vài lớp phân tử, liên kết với bề mặt do lực tĩnh điện & lực hấp phụ (Van der waals)



27

STERN MODEL (1924)



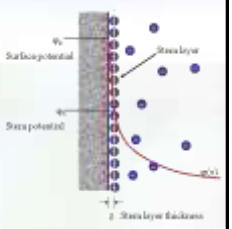
28

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

- Cấu trúc lớp Stern: một hoặc vài lớp ion, phụ thuộc lớp solvat hoá của các ion

Chiều dày lớp Stern: từ bề mặt đến trung tâm ion sát bề mặt

Điện tích trong lớp Stern: không ược tự do vì lực hấp phụ và lực tĩnh điện mạnh



29

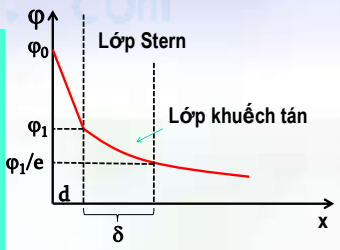
Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

Trong lớp Stern (x<d) điện thế φ (phi) giảm tuyến tính

$x = 0 \rightarrow \varphi_0$

$x = d \rightarrow \varphi_1$

$x = \infty \rightarrow \varphi = 0$



30

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

Lớp khuếch tán

Khi φ_1 lớn: $\varphi_1 = \frac{RT}{z_0 F}[2\ln\eta_2 + \ln(\frac{2\pi}{\varepsilon RT}) - \ln C_0]$

Khi φ_1 nhỏ: $\varphi_1 = \frac{4\pi.\eta_2}{\varepsilon}\delta$

η_2: mật độ điện tích bề mặt lớp khuếch tán

φ_1 giảm khi C_0 tăng

φ_1 giảm khi z_0 tăng

31

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

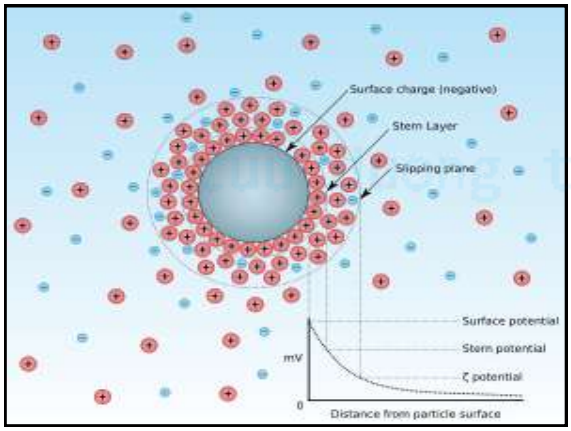
Lớp khuếch tán

Dung dịch nước chất điện ly 1-1, T = 300K

C_0 (M)	10^{-1}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}
δ (Å)	9,6	96	960	10000

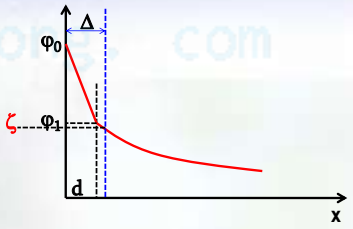
Dung môi không phân cực: δ → trăm/nghìn μm

32



Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

Thế điện động zeta ζ



34

Lớp điện tích kép trên bề mặt hạt keo

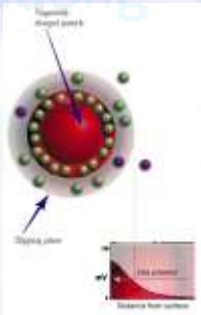
Thế điện động zeta ζ

Thực tế không đo được φ_1, chỉ đo được ζ

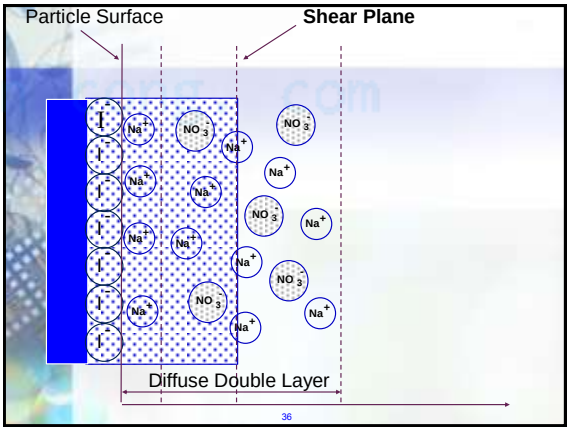
bề mặt trượt Δ

→ φ = ζ

dφ/dx càng nhỏ→ ζ càng ít khác biệt φ_1.



35



36

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Xác định ζ

Phương pháp điện thẩm
Phương pháp điện di
Phương pháp điện thế chảy
Phương pháp sa lắng

37

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

CĐL trơ

chất không có ion có thể tham gia vào mạng tinh thể (bản trong tụ điện), không làm thay đổi thế nhiệt động φ_0, η_0

Nói chung C ↑⇒ ζ ↓ do phần khuếch tán của lớp ĐT bị nén lại

với các ion đối có hóa trị cao, hoặc là CHC phức tạp (ion tạo thế ước lệ)→ hấp thụ ở bản ngoài của tụ điện bằng lực Vanderwaal → có thể làm đổi dấu φ_1 & ζ.

ζ = 0: điểm đẳng điện.

38

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

CĐL không trơ

là chất có thể tạo mạng tinh thể với pha rắn do hấp phụ vào bản trong tụ điện làm thay đổi η_0, φ_0, ζ.

Ion cùng dấu với ion tạo thế

Ion ngược dấu với ion tạo thế

39

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

pH

H^+ có bán kính nhỏ → hấp phụ đặc biệt

OH- có momen lưỡng cực cao → thế phụ lớn

40

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

Pha loãng

giãn lớp điện tích kép → ζ ↑
giải hấp phụ ion tạo thế → φ_0, ζ ↓

41

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

Nhiệt độ:

T^0 ↑ → ↑ chuyển động nhiệt →↑ phần khuếch tán→↑ ζ
T^0 ↑ → ↑ giải hấp phụ ion tạo thế → φ_0, ζ ↓

42

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Các yếu tố ảnh hưởng đến thế điện động ζ

Hằng số điện môi ε

ε bé → ζ bé.

43

Các hiện tượng điện động

Điện thẩm: Áp hiệu thế cố định vào hệ keo → dung môi dịch chuyển về một điện cực.

Điện di: Áp hiệu thế cố định vào hệ keo → Các hạt keo d ịch chuyển về 1 điện cực.

Hiệu ứng chảy: Cho chất lỏng chảy qua hệ keo → xuất hiện điện thế chảy (đo được). **(ngược với điện thẩm)**

Hiệu ứng sa lắng: Cho hệ keo sa lắng → xuất hiện điện thế sa lắng (đo được) . **(ngược với điện di)**

44

Các hiện tượng điện động

Điện thẩm & Điện di:

Sự tích điện trái dấu giữa hai pha → LĐTK

Trong điện trường một chiều:

Phần + → (-) Phần - → (+)

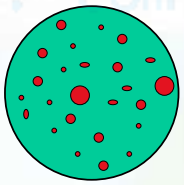
→ kéo theo cả dung môi theo lớp đt ngoài.

Hiệu ứng chảy & sa lắng:

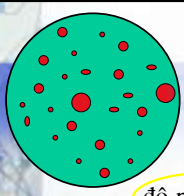
Tách hạt→ kéo theo lớp điện tích ngoài → khác biệt thế.

45

Sự bền vững của hệ keo



46



Tính bền vững

độ phân tán → bất biến theo thời gian

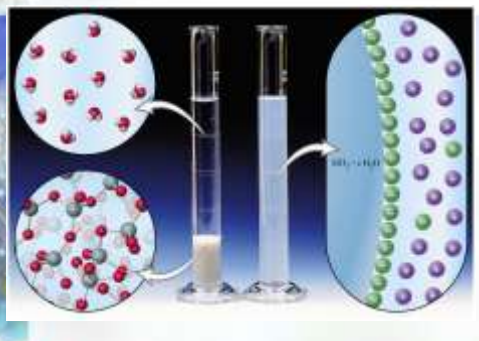
phân bố của pha phân tán trong môi trường. → phân bố cân bằng

47

keo ưa lỏng (lyophinsol)	keo kỵ lỏng (lyophobicsol)
tự phân tán	▪ phân tán nhờ ngoại lực ▪ không bền nhiệt động. ▪ có thể có hiện tượng giả bền do hàng rào thế năng cao.

48

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt



49

Độ bền

✓ Hệ keo không bền về mặt nhiệt động.

Bền sa lắng: Trong khoảng thời gian đủ dài, các hạt keo không lắng xuống đáy hoặc nổi lên bề mặt hệ.

Bền hợp thể: Trong khoảng thời gian đủ dài, các hạt keo không kết hợp với nhau → tăng kích thước, giảm nồng độ hạt → keo tụ

50

Bền sa lắng (động học)

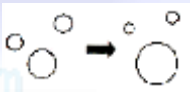
Là sự bền vững của pha phân tán dưới tác dụng trọng lực

Hệ phân tán cao→ bền động học, phân bố cân bằng trong môi trường.

51

Bền hợp thể (tập hợp)

Tính bền của cấu trúc hệ.
Cấu trúc bị phá vỡ do 2 hiện tượng:



– Tái kết tinh trong toàn hệ (chậm)
Hạt nhỏ → hòa tan
Hạt lớn → lớn lên → giảm bề mặt phân chia pha, giảm số hạt.
Hạt lớn lớn dần → mất tính bền sa lắng

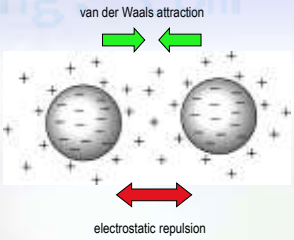
52

Keo tụ và kết tụ

Aggregation- **Keo tụ**: nhiều hạt kết dính nhau tạo thành tập hợp lớn hơn → mất độ bền sa lắng.
Do: Trường điện tử, tia cực mạnh, cơ, nhiệt, hóa chất...

53

AGGREGATION

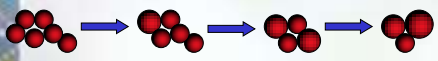


54

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Keo tụ và kết tụ

Coalescence - **Kết tụ** : keo tụ → các hạt hoàn toàn dính chập lại → mất tính bền hợp thể → mất tính bền sa lắng



55

Độ bền

Các yếu tố ảnh hưởng đến độ bền keo

Đến độ bền sa lắng: Kích thước, hình dạng keo, Chênh lệch khối lượng riêng, Trường lực tác dụng (ly tâm), Độ nhớt dung môi ...

Đến độ bền hợp thể: Nồng độ hạt keo, Lớp điện tích kép, lớp vỏ solvat, Tính chất của dung môi...

56

Các yếu tố quyết định tính bền

Hàng rào tĩnh điện→ đẩy

Hàng rào hấp phụ / solvat hóa bao quanh hạt → ngăn các hạt tác xúc nhau

57

Tác dụng keo tụ của CĐL

Keo + CĐL trái dấu → keo tụ

Tăng nồng độ chất điện ly → giảm bề dày lớp điện tích kép, giảm thế điện động, giảm khoảng cách và lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo.

C_k : Ngưỡng keo tụ (nồng độ keo tụ), mmol/l

C_k : Là nồng độ nhỏ nhất của CĐL có thể gây keo tụ với một tốc độ nhất định

58

Tác dụng keo tụ của CĐL

Ảnh hưởng của điện tích ion

Qui tắc Sunze - Hadi (Schulse H.- Hardy.D): Ion **ngược dấu** với ion keo có tác dụng gây keo tụ và khả năng gây keo tụ tăng lên tỷ lệ thuận với một số bậc của **điện tích ion**.

59

Sự solvat hóa các hạt keo

Lớp Solvat hóa được tạo thành do hấp phụ CHĐBM hay CPT ⇒ che phủ bề mặt làm ngăn cản sự keo tụ xảy ra.

CPT & CHĐBM tạo trợ lực cơ học - cấu thể với hệ keoky lỏng gọi là chất làm bền. Chúng sắp xếp cố định hướng trên bề mặt hạt, có khả năng làm bền hệ khi nồng độ pha phân tán lớn ⇒ khả năng bảo vệ của CPT.

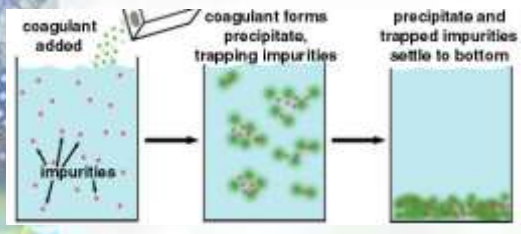
60

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Quá trình keo tụ trong xử lý nước

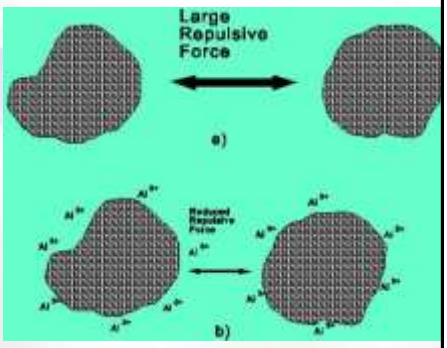
Tạp chất cần xử lý ở trạng thái keo trong nước

Keo tụ để tách pha bằng chất trợ keo tụ



61

Trung hòa điện tích & hấp phụ



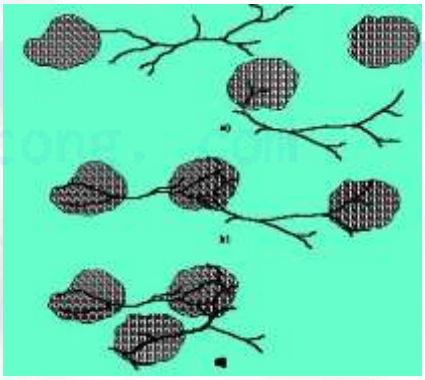
62

Tác động của chất trợ keo tụ

- $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O \leftrightarrow 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-} + 14H_2O$
- $2Al^{3+}$ + colloids ↔ neutralize surface charge
- $2Al^{3+} + 6HCO_3^- \leftrightarrow 2Al(OH)_3(\downarrow) + 6CO_2$
- If insufficient bicarbonate is available:

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O \leftrightarrow 2Al(OH)_3(\downarrow) + 3H_2SO_4 + 14H_2O$

63



64

cuu duong than cong. com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt