

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG NGHIỆP I**

**TS. PHAN XUÂN VẬN (Chủ biên)  
TS. NGUYỄN TIẾN QUÝ**

**GIÁO TRÌNH  
HOÁ KEO**

**(Dùng cho ngành Nông – Lâm – Ngư nghiệp)**

**HÀ NỘI – 2006**

**LỜI NÓI ĐẦU**

Hoá keo là một môn học trong quá trình đào tạo giai đoạn 2 cho các ngành sinh học của trường Đại học Nông nghiệp I – Hà Nội.

Nhà trường chúng ta đã thực hiện quy trình đó từ năm 1996 nhưng cho đến nay vẫn chưa xuất bản riêng một giáo trình của môn học HOÁ KEO.

Dựa vào mục tiêu đào tạo, nội dung môn học và kinh nghiệm giảng dạy, chúng tôi viết cuốn giáo trình HOÁ KEO này. Cuốn sách gồm 7 chương kèm theo câu hỏi và bài tập ở cuối mỗi chương, tương ứng với 30 tiết về Hoá keo đang được giảng trong trường.

Cuốn giáo trình này phục vụ sinh viên học tập và có thể làm tài liệu tham khảo cho các bạn đọc thuộc ngành khoa học liên quan.

Chúng tôi chân thành cảm ơn và hoan nghênh những ý kiến đóng góp của các bạn sử dụng, làm cho giáo trình không ngừng hoàn thiện.

*Hà Nội, tháng 02 năm 2006*

T.M. CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Tiến Quý

## CHƯƠNG I KHÁI NIỆM VỀ CÁC HỆ KEO

Hệ keo là một hệ phân tán, nhưng chất phân tán phân bố ở dạng các hạt nhỏ có kích thước lớn hơn những phân tử và ion đơn giản, gọi là các hạt keo. Tuy nhiên, các hạt keo vẫn không bị giấy lọc giữ lại, chúng chỉ bị giữ lại bởi các màng tế bào sinh vật.

Do chất phân tán ở dạng các hạt keo nên hệ keo có những đặc điểm khác với các hệ phân tán khác.

### I. Cách phân loại các hệ phân tán

#### 1. Theo kích thước hạt phân tán

Dựa vào kích thước hoặc đường kính của hạt phân tán, các hệ phân tán được chia làm 3 loại chính sau:

##### *Hệ phân tán phân tử:*

Trong hệ, chất phân tán ở dạng những phần tử rất nhỏ, kích thước nhỏ hơn  $10^{-7}$  cm, chúng là những phân tử và ion đơn giản. Các hệ phân tán phân tử được gọi là dung dịch thật hay dung dịch thuộc loại hệ đồng thể và đã được nghiên cứu nhiều. Ví dụ: các dung dịch phân tử và điện ly.

##### *Hệ phân tán keo*

Gồm các hạt phân tán có kích thước  $10^{-7}$  đến  $10^{-4}$  cm, gọi là các hạt keo<sup>1</sup>. Hệ phân tán keo thường được gọi là hệ keo hoặc son (sol).

Ví dụ: keo AgI, keo Protit.. trong nước.

Trong các dung dịch loãng, mỗi phân tử protit cũng như phân tử polyme khác xử sự như 1 hạt có kích thước hạt keo. Mỗi hạt keo khác nói chung gồm hàng nghìn đến hàng trăm phân tử, ion đơn giản tạo thành.

So với phân tử, ion đơn giản thì hạt keo có kích thước lớn hơn, nhưng chúng ta không nhìn thấy bằng mắt thường. Để quan sát được các hạt keo đặc biệt là các hạt có kích thước khoảng  $10^{-7}$  cm người ta dùng kính siêu hiển vi điện tử. Vậy hệ keo là hệ phân tán siêu vi dị thể, trong đó hạt phân tán có kích thước khoảng từ  $10^{-7}$  đến  $10^{-4}$  cm. Các hệ keo là đối tượng nghiên cứu của hoá keo.

##### *Hệ phân tán thô*

Gồm các hạt có kích thước lớn hơn  $10^{-4}$  cm, thường gọi là hệ thô.

Nói chung hệ thô là hệ vi dị thể không bền vững. Chẳng hạn, trong môi trường lỏng có hạt phân tán rắn kích thước lớn hơn  $10^{-4}$  cm, thì hạt có thể sẽ nhanh chóng lắng xuống hoặc nổi lên trên bề mặt lỏng (tùy theo khối lượng riêng của hạt và của môi trường) nghĩa là tách khỏi môi trường của hệ.

Trong hệ thô có 2 loại quan hệ quan trọng là huyền phù và nhũ tương.

Huyền phù là hệ thô gồm các hạt rắn phân bố trong môi trường lỏng như: nước phù sa... Nhũ tương là hệ thô gồm các hạt hoặc giọt lỏng phân bố trong môi trường lỏng như: các hạt dầu mỡ trong nước.... Trong nhiều trường hợp phải thêm chất làm bền vào huyền phù và nhũ tương để các hệ phân tán đó bền vững.

Các huyền phù và nhũ tương dùng trong thực tế là những hệ vi dị thể tương đối bền. Các hệ đó có bản chất của hệ keo nên có thể coi là các hệ keo khi nghiên cứu và sử dụng.

Hoá keo cũng nghiên cứu các hệ vi dị thể có tính bền. Trong giáo trình này chúng ta coi hệ thô có tính bền và hệ keo đều thuộc loại hệ vi dị thể.

<sup>1</sup> Một số người sử dụng khoảng  $10^{-7}$  đến  $10^{-5}$  cm, nhưng hiện tại không có quy định chặt chẽ nào.

## 2. Theo trạng thái tập hợp pha của hệ

Phương pháp đơn giản cho cách phân loại này là dựa vào pha môi trường của hệ để phân loại các hệ vi dị thể.

*Môi trường phân tán khí.*

Gọi chung là sơn khí (aerosol) gồm các hệ: Hệ L/K (các giọt lỏng phân bố trong pha khí) như: mây, sương mù... Hệ R/L (các hạt rắn phân bố trong pha khí) như: khói, bụi... (Hệ K/K là hệ phân tán phân tử).

*Môi trường phân tán lỏng*

Gồm các hệ: Hệ K/L (Các bọt khí phân bố trong pha lỏng) như: bọt xà phòng trong nước... Hệ L/L (các giọt lỏng phân bố trong pha lỏng) như: huyền phù, keo vô cơ... trong nước.

Trường hợp hệ gồm các hạt phân tán rắn, lỏng hoặc khí, có kích thước của hạt keo, trong môi trường lỏng thì gọi chung là sơn lỏng (lyosol), trong môi trường nước, rượu ... thì tương ứng có các hệ hydro sol, alcol sol...

Đối tượng nghiên cứu chủ yếu của chúng ta là các hệ keo gồm những hạt phân tán rắn trong môi trường nước.

*Môi trường phân tán rắn.*

Gồm các hệ: Hệ K/R (các hạt khí phân bố trong pha rắn) như: bọt khí trong thủy tinh, các vật liệu xốp... Hệ L/R (các giọt lỏng phân bố trong môi trường rắn) như những giọt lỏng trong mô động, thực vật... Hệ R/R (các hạt phân tán rắn trong pha rắn) như: thủy tinh màu, hợp kim...

Khi các hạt phân tán rắn, lỏng hoặc khí, có kích thước hạt keo, trong pha rắn thì gọi là hệ sơn rắn (xerosol).

## 3. Theo cường độ tương tác giữ hạt phân tán và môi trường của hệ

Các hệ vi dị thể trong môi trường lỏng được chia làm 2 loại là các hệ keo ghét lưu và hệ keo ưa lưu.

*Hệ keo ghét lưu.*

Hệ gồm các hạt phân tán hầu như không liên kết với môi trường thì được gọi là hệ keo ghét lưu hoặc hệ keo ghét dung môi (lyophobic), nếu môi trường nước thì gọi là hệ keo ghét nước (hydrophobe). Hệ keo ghét lưu thường gặp là các hệ keo vô cơ trong nước. Ví dụ: các keo AgI, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, keo kim loại, keo oxít kim loại... trong nước.

Các hệ keo điển hình hầu hết là các hệ ghét lưu, do trong hệ có bề mặt phân cách pha rõ ràng giữa hạt phân tán và môi trường của hệ. Hệ keo ghét lưu thuộc loại hệ dị thể, nhiều tính chất bề mặt như tính hấp phụ, tính chất điện ... biểu hiện rất rõ rệt.

*Hệ keo ưa lưu.*

Hệ gồm các hạt phân tán liên kết chặt chẽ với môi trường của hệ được gọi là hệ keo ưa lưu hay hệ keo ưa dung môi (lyophile), nếu môi trường nước thì gọi là hệ keo ưa nước (hydrophile).

Mỗi hạt keo ưa lưu được bao bọc bởi lớp sonvat hoá gồm các phân tử môi trường, nên hệ keo ưa lưu thuộc loại hệ đồng thể và thường được gọi là dung dịch. Hệ keo ưa lưu thường gặp là dung dịch cao phân tử. Ví dụ: các dung dịch nước của protit, glucit...

Hệ keo ưa lưu cũng có tính chất của dung dịch thật như: sự thẩm thấu ... vì là hệ đồng thể, những cũng có những tính chất của hệ keo ghét lưu vì hạt keo có kích thước lớn hơn so với phân tử đơn giản.

Tuy nhiên, không có ranh giới tuyệt đối giữa 2 loại hệ keo nêu trên. Ví dụ: hệ keo gồm các hạt keo được tạo thành từ các phân tử chất bán keo (như xà phòng C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COONa....) gọi

là hệ bán keo, có tính chất bề mặt trung gian giữa hệ keo ưa lưu và hệ keo ghét lưu nhưng hệ bán keo rất gần với hệ keo ghét lưu.

**II. Những đặc điểm của hệ phân tán keo**

**1. Bề mặt dị thể**

Bề mặt phân chia các pha của hệ dị thể gọi là bề mặt dị thể của hệ. Đối với một hệ phân tán dị thể, thì bề mặt dị thể của hệ tính bằng tổng diện tích bề mặt các hạt phân tán. Kích thước hạt càng nhỏ thì bề mặt dị thể S của hệ càng lớn. Ví dụ:

Phân chia 1cm<sup>3</sup> một chất rắn thành các hạt hình lập phương cạnh l. Nếu l = 1cm, thì chỉ được 1 hạt, diện tích bề mặt của nó là 6cm<sup>2</sup>. Nếu l = 10<sup>-4</sup>cm, thì sẽ được 10<sup>12</sup> hạt, tổng diện tích bề mặt các hạt là S=6.10<sup>4</sup>cm<sup>2</sup>. Nếu l = 10<sup>-7</sup>cm, thì sẽ được 10<sup>21</sup> hạt, tổng diện tích bề mặt các hạt là S=6.10<sup>7</sup>cm<sup>2</sup>.

Rõ ràng là cùng với một lượng chất phân tán ở dạng hạt thì kích thước hạt càng nhỏ, số hạt càng nhiều, tổng diện tích bề mặt các hạt càng lớn. Khi kích thước hạt bằng 10<sup>-7</sup>cm thì bề mặt dị thể của hệ rất lớn – xem bảng I.1.

Bảng I.1: Sự biến thiên diện tích bề mặt của một hệ ứng với 1cm<sup>3</sup> lập phương, chất phân tán, khi chia thành các hạt hình lập phương có kích thước giảm dần.

| Kích thước của hạt hình lập phương cạnh l(cm) | Số hạt n         | Thể tích l hạt (cm <sup>3</sup> ) | Diện tích bề mặt 1 hạt s (cm <sup>2</sup> ) | Tổng diện tích bề mặt các hạt S= ns (cm <sup>2</sup> ) |
|---|------------------|-----------------------------------|---|--|
| 1   | 1                | 1                                 | 6   | 6  |
| 10 <sup>-1</sup>                              | 10 <sup>3</sup>  | 10 <sup>-3</sup>                  | 6. 10 <sup>-2</sup>                         | 6. 10  |
| 10 <sup>-2</sup>                              | 10 <sup>6</sup>  | 10 <sup>-6</sup>                  | 6. 10 <sup>-4</sup>                         | 6. 10 <sup>2</sup>                                     |
| 10 <sup>-3</sup>                              | 10 <sup>9</sup>  | 10 <sup>-9</sup>                  | 6. 10 <sup>-6</sup>                         | 6. 10 <sup>3</sup>                                     |
| 10 <sup>-4</sup>                              | 10 <sup>12</sup> | 10 <sup>-12</sup>                 | 6. 10 <sup>-8</sup>                         | 6. 10 <sup>4</sup>                                     |
| 10 <sup>-5</sup>                              | 10 <sup>15</sup> | 10 <sup>-15</sup>                 | 6. 10 <sup>-10</sup>                        | 6. 10 <sup>5</sup>                                     |
| 10 <sup>-6</sup>                              | 10 <sup>18</sup> | 10 <sup>-18</sup>                 | 6. 10 <sup>-12</sup>                        | 6. 10 <sup>6</sup>                                     |
| 10 <sup>-7</sup>                              | 10 <sup>21</sup> | 10 <sup>-21</sup>                 | 6. 10 <sup>-14</sup>                        | 6. 10 <sup>7</sup>                                     |

Nếu phân chia chất phân tán thành những phần tử rất nhỏ, kích thước khoảng 10<sup>-8</sup>cm thì S=0. Những phần tử đó là các phân tử và ion đơn giản, chúng không có bề mặt ngăn cách với môi trường của hệ.

**2. Bề mặt riêng và độ phân tán**

Bề mặt riêng của hệ phân tán là tổng diện tích bề mặt của các hạt, ứng với 1 đơn vị thể tích chất phân tán đã nghiền nhỏ:

$$S_r = \frac{S}{V} \tag{1.1}$$

- S: tổng diện tích bề mặt của các hạt
- V: thể tích chất phân tán đã nghiền nhỏ
- S<sub>r</sub>: bề mặt riêng

Để đơn giản cho tính toán người ta cho hạt có hai dạng là hình lập phương và hình cầu, chẳng hạn:

Hệ gồm n hạt hình lập phương cạnh l thì

$$S_r = \frac{S}{V} = \frac{6nl^2}{nl^3} = \frac{6}{l} \quad (1.1a)$$

nhưng hạt hình cầu bán kính r thì

$$S_r = \frac{S}{V} = \frac{n4\pi r^2}{n\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} \quad (1.1b)$$

Đối với chất phân tán đã nghiền thì việc xác định khối lượng đơn giản hơn so với việc xác định thể tích, nên bề mặt riêng được tính bằng tổng diện tích bề mặt của các hạt, ứng với 1 đơn vị khối lượng chất phân tán đã nghiền nhỏ:

$$S'_r = \frac{S}{m} \quad (1.2)$$

m: khối lượng chất phân tán đã nghiền

S'<sub>r</sub>: bề mặt riêng tính theo khối lượng (thứ nguyên là cm<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>)

Thay thế m=ρ.V, với ρ là khối lượng riêng của hạt vào công thức 1.2 và tính toán tương tự như trên sẽ được các công thức tính S'<sub>r</sub> khi hạt dạng hình lập phương.

$$S'_r = \frac{6}{\rho l} \quad (1.2a)$$

và khi hạt dạng hình cầu

$$S'_r = \frac{3}{\rho r} \quad (1.2b)$$

Hình cầu là dạng phổ biến của hạt keo, nên công thức 1.2b thường được ứng dụng  
 Ví dụ: Nghiền SiO<sub>2</sub> thành các hạt hình cầu bán kính r = 10<sup>-5</sup>cm. Tính bề mặt riêng của SiO<sub>2</sub>? Biết khối lượng riêng của SiO<sub>2</sub> là ρ = 2,7g.cm<sup>-3</sup>

Giải:

Áp dụng công thức 1.2b:

$$S_r = \frac{3}{2,7 \cdot 10^{-5}} = 1,11 \cdot 10^5 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} = 11,1 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$$

Từ công thức 1.1a và 1.1b suy ra

$$S_r = \frac{k}{d} \quad (1.3)$$

và tương tự, qua các công thức 1.2a và 1.2b chúng ta có:

$$S'_r = \frac{k}{\rho d} \quad (1.4)$$

k: hằng số phụ thuộc hình dạng hạt

d: kích thước của hạt, d = l nếu hạt hình lập phương cạnh l và d = r nếu hạt hình cầu bán kính r.

Vậy bề mặt riêng tỷ lệ nghịch với kích thước hạt phân tán. Hệ keo gồm các phân tán kích thước nhỏ (10<sup>-7</sup> ÷ 10<sup>-4</sup>cm) là hệ có bề mặt riêng cực đại hoặc có bề mặt riêng rất phát triển. Đây là đặc điểm cơ bản của hệ keo. Để so sánh bề mặt dị thể của các hệ người ta dựa vào bề mặt riêng. Nếu cùng lượng chất phân tán thì hệ keo là hệ có bề mặt riêng rất phát triển, do đó có bề mặt dị thể rất lớn. Theo quan điểm của nhiệt động học thì sự có mặt của một bề mặt phân cách lớn gắn liền với sự có mặt của một năng lượng bề mặt đáng kể điều đó ảnh hưởng rất nhiều đến các tính chất hóa keo của hệ như tính hấp phụ, tính chất điện, tính bền, tính đông tụ....

Các vật liệu xốp có một hệ mao quản. Hệ thống mao quản đó có bề mặt riêng thường gọi là bề mặt trong (tương tự bề mặt riêng của hệ phân tán keo) được ứng dụng rất phổ biến trong thực tế.

Đại lượng tính bằng nghịch đảo của kích thước hạt phân tán gọi là độ phân tán của hệ. Kích thước hạt càng nhỏ thì độ phân tán của hệ càng cao. Ví dụ: các hệ keo có độ phân tán rất cao khoảng từ  $10^4 \text{cm}^{-1}$  đến  $10^7 \text{cm}^{-1}$ .

Bề mặt riêng và độ phân tán là những đại lượng đặc trưng cho mức độ phân tán của hạt. Bề mặt riêng rất phát triển và độ phân tán rất cao là những đặc điểm của các hệ keo.

### III. Khái niệm về hệ đa phân tán

Trong nhiều trường hợp các hạt phân tán không chỉ khác nhau về kích thước mà cả hình dạng.

Một hệ phân tán, nếu chỉ gồm các hạt cùng dạng thì gọi là hệ đơn dạng, nếu các hạt khác nhau về hình dạng thì gọi là hệ phân tán đa dạng, nếu chỉ gồm các hạt có cùng kích thước thì gọi là hệ đơn phân tán, nếu các hạt có kích thước khác nhau thì gọi là hệ đa phân tán.

Hệ đa phân tán gồm nhiều cấp hạt.

#### 1. Cấp hạt

Cấp hạt là một tập hợp nhiều hạt có bán kính trong khoảng từ  $r_i$  đến  $r_k$  nào đó

Chẳng hạn: Hệ gồm hạt bán kính từ  $10^{-2}$  đến  $5\mu^{(1)}$  có thể phân chia thành một số cấp hạt như sau: cấp 1 gồm các hạt có bán kính  $r$  từ  $10^{-2}$  đến  $5 \cdot 10^{-2} \mu$ , cấp 2 gồm các hạt có từ  $5 \cdot 10^{-2} \mu$  đến  $0,1 \mu$ , cấp 3 gồm những hạt có  $r$  từ  $0,1 \mu$  đến  $0,5 \mu \dots$

Mỗi cấp hạt có một bán kính trung bình của các hạt. Do đó có thể nói: cấp hạt là một tập hợp nhiều hạt có bán kính trung bình  $\bar{r}$  nào đó.

Đối với hệ đa phân tán gồm  $n$  cấp hạt, hạt có dạng hình cầu thì tính bề mặt riêng theo công thức:

$$s'_r = \frac{3}{\rho} \sum \frac{a_i \%}{\bar{r}_i} \quad (I.5)$$

$a_i\%$ : thành phần phần trăm khối lượng của cấp hạt  $i$  so với tổng khối lượng của các cấp hạt

$\bar{r}_i$ : bán kính trung bình của hạt cấp  $i$

Ví dụ: Một hệ keo gồm 3 cấp hạt hình cầu: cấp 1 có  $\bar{r}_1 = 10^{-5} \text{cm}$  chiếm 45%, cấp hạt 2 có  $\bar{r}_2 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{cm}$  chiếm 35% và cấp hạt 3 có  $\bar{r}_3 = 2 \cdot 10^{-7} \text{cm}$  chiếm 20% khối lượng riêng của  $\text{SiO}_2$  đã chiếm. Tính bề mặt riêng của hệ? Biết khối lượng riêng của  $\text{SiO}_2$  là  $\rho = 2,65 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Giải:

áp dụng công thức I.5:

$$S'_r = \frac{3}{\rho} \left[ \frac{a\%}{\bar{r}_1} + \frac{b\%}{\bar{r}_2} + \frac{c\%}{\bar{r}_3} \right] \approx \frac{3}{2,65} \left[ \frac{0,45}{10^{-5}} + \frac{0,35}{2,5 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,20}{2 \cdot 10^{-7}} \right] = 134,14 \text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$$

Việc phân tách các cấp hạt được tiến hành bằng nhiều phương pháp. Đối với các hạt thô, thường dùng phương pháp rây. Người ta dùng các rây có kích thước đã biết để tách một hệ thành nhiều cấp theo kích thước của mắt rây, sàng. Đối với các hệ có độ phân tán tương đối cao thì phương pháp phân tích sa lắng được dùng phổ biến.

*Nguyên tắc phương pháp phân tích sa lắng.*

Hiện tượng rơi tự do của hạt trong môi trường của hệ do tác dụng của trọng lực, gọi là sự sa lắng.

Vì khối lượng hạt tỷ lệ với lập phương kích thước hạt, nên hạt có kích thước tương đối lớn sẽ sa lắng. Lực cản trở sự sa lắng là lực ma sát của hạt với môi trường. Khi lực ma sát (f) bằng trọng lực của hạt (P) thì hạt sa lắng với tốc độ không đổi (v).

Vì  $f = B.v$  và  $P = m.g$  nên:

$$Bv = mg$$

B: hệ số ma sát

m: khối lượng hiệu dụng của hạt

g: gia tốc trọng trường

Đối với hạt hình cầu bán kính r chuyển động trong môi trường có độ nhớt  $\eta$  thì  $B = 6\pi\eta r$ , nếu khối lượng riêng của hạt là  $\rho$  và của môi trường là  $\rho_0$  thì  $m = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)$

Từ đó suy ra:

$$6\pi\eta r v = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)g$$

và phương trình tính tốc độ sa lắng như sau:

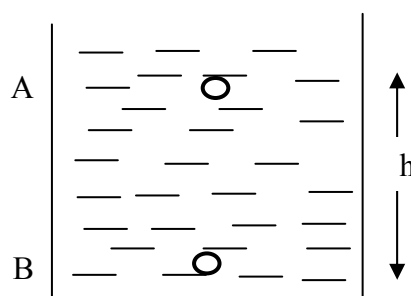
$$v = \frac{2(\rho - \rho_0)}{9\eta} r^2 g \tag{1.6}$$

Ví dụ: Tính tốc độ sa lắng của hạt  $\text{SiO}_2$  hình cầu bán kính  $r = 10^{-3} \text{cm}$  và khối lượng riêng  $\rho = 2,7 \text{g.cm}^{-3}$  trong nước? Giả sử  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{g.cm}^{-3}$  và  $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0115 \text{poa}$

Giải:

Áp dụng công thức I.6:

$$v = \frac{2(2,7 - 1,0)}{9 \times 0,0115} (10^{-3})^2 \cdot 980 = 3,219 \cdot 10^{-2} \text{cm.s}^{-1}$$



Hình I.1: Sơ đồ sa lắng của hạt phân tán

Nếu  $\rho < \rho_0$  hạt sẽ nổi lên (hiện tượng sa nổi), nếu  $\rho > \rho_0$  thì hạt sẽ rơi xuống (hiện tượng sa lắng). Nguyên tắc phương pháp phân tích sa lắng là: dựa vào phương trình tính tốc độ sa lắng để xác định kích thước hạt phân tán.



Giả sử một hạt đã sa lắng từ A đến B – xem hình I.1, trong thời gian  $t(s)$ , độ cao  $AB = h(cm)$ , thì tốc độ sa lắng của hạt là

$$v = \frac{h}{t} \tag{I.7}$$

Kết hợp công thức I.7 với phương trình I.6 suy ra kích thước của hạt:

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\eta}{(\rho - \rho_0)} \frac{h}{t}} \tag{I.8}$$

hoặc

$$r = k \sqrt{\frac{h}{t}} \tag{I.9}$$

với

$$k = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_0)g}}$$

Đối với hệ phân tán cụ thể ở một nhiệt độ xác định, thì  $k$  là một hằng số nên việc xác định kích thước hạt còn lại là việc đo độ cao  $h$  mà hạt sa lắng trong thời gian  $t$ .

Trong các hệ đơn phân tán, tốc độ sa lắng các hạt bằng nhau, sự phân lớp sẽ xảy ra sau một thời gian xác định. Cuối cùng trong hệ chỉ có lớp môi trường trong suốt ở phía trên và lớp các hạt sa lắng ở phía dưới.

Trong hệ đa phân tán, tốc độ sa lắng các hạt có kích thước khác nhau, không bằng nhau, nên biên giới phân cách 2 lớp như trên không rõ rệt. Sau một thời gian nhất định, ở những độ cao khác nhau chúng ta rút được các cấp hạt khác nhau ra khỏi hệ.

Cần lưu ý rằng, phương trình I.8 chỉ cho phép xác định kích thước của hạt sa lắng hình cầu hoặc dạng hình cầu, không bị sonvat hoá và hạt sa lắng là hạt đơn hay hạt “độc thân”.

Phương pháp phân tích sa lắng để xác định kích thước hạt phân tán chỉ áp dụng với các hệ huyền phù. Đối với hệ có độ phân tán cao như hệ keo, do tốc độ sa lắng của hạt rất nhỏ nên phải sử dụng máy ly tâm hay siêu ly tâm để sa lắng hạt.

Cách phân chia cấp hạt, tùy thuộc vào yêu cầu nghiên cứu và khả năng cho phép của phương pháp phân cấp. Cần nhớ rằng, mỗi cấp hạt là một hệ đa phân tán hẹp. Một hệ đa phân tán hẹp cũng có thể coi là hệ đơn phân tán, bán kính của hạt là  $\bar{r}$ . Ví dụ:

Hệ phân tán gồm 4 loại hạt: loại 1 có  $r = 10^{-6}cm$  chiếm 10%, loại 2 có  $r = 2.10^{-6}cm$  chiếm 25%, loại 3 có  $r = 3.10^{-6}cm$  chiếm 35% và loại 4 có  $r = 4.10^{-6}cm$  chiếm 30% khối lượng của tất cả các cấp hạt, nếu coi là hệ đơn phân tán thì bán kính hạt là  $\bar{r} = 2,26.10^{-6} cm$

## 2. Mức độ đa phân tán

Đã có một số phương pháp biểu thị mức độ đa phân tán của các hệ keo, sau đây là phương pháp biểu thị bằng độ đa phân tán của hệ.

Các hạt keo được coi là những phân tử lớn tương tự các phân tử chất cao phân tử. Do đó chúng ta phân biệt khối lượng trung bình số  $\bar{M}_n$  và khối lượng trung bình khối  $\bar{M}_w$  của hạt.

Khối lượng trung bình số hoặc khối lượng trung bình theo số lượng hạt thường gọi tắt là khối lượng trung bình của hạt, tính theo công thức:

$$\bar{M}_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i} \quad (I.10)$$

$n_i$  : số hạt  $i$  trong hệ  
 $M_i$ : khối lượng 1 hạt  $i$

Trị số  $\bar{M}_n$  tính được từ các phương pháp cho phép xác định nồng độ chất phân tán.

Khối lượng trung bình khối hoặc khối lượng trung bình tính theo khối lượng của hạt tính theo công thức.

$$\bar{M}_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum w_i} \quad (I.11)$$

$w_i$ : khối lượng của tất cả các hạt  $i$

Trị số  $\bar{M}_w$  được suy ra từ các phương pháp cho phép xác định kích thước hạt.

Luôn thấy  $\bar{M}_w > \bar{M}_n$ , nếu là các phân tử đơn giản thì  $\bar{M}_n = \bar{M}_w$

Độ đa phân tán của hệ tính bằng tỷ số giữa khối lượng trung bình khối và khối lượng trung bình số của các hạt.

$$\beta = \frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n} \quad (I.12)$$

$\beta$ : độ đa phân tán

Nếu  $\beta = 1$  hoặc  $\bar{M}_n = \bar{M}_w$  thì hệ là đơn phân tán, thường thấy ở hệ gồm những phân tử đơn giản.

Nếu  $\beta > 1$  hoặc  $\bar{M}_w > \bar{M}_n$  thì hệ là đa phân tán. Khi  $\beta \gg 1$  thì mức độ đa phân tán của hệ rất rộng, đó là hệ gồm các hạt rất khác nhau về kích thước hoặc khối lượng.

Ví dụ: Có 2 hệ đa phân tán A và B gồm các hạt có khối lượng như sau (quy ước 1 đơn vị khối lượng ở đây bằng  $10^3 \text{ đvC}$  cho phù hợp với các hạt, khối lượng hạt này là 100 đơn vị):

Hệ A gồm 100 hạt, khối lượng mỗi hạt là 1 đơn vị và 1 hạt khối lượng 100 đơn vị.

Hệ B gồm 100 hạt, khối lượng của mỗi hạt là 1 đơn vị và 100 hạt khối lượng mỗi hạt là 100 đơn vị.

Hãy tính độ đa phân tán của mỗi hệ?

Giải:

Áp dụng các công thức I.11; I.10 và I.12 đối với hệ A:

$$\bar{M}_w = \frac{(100 \times 1^2) + (1 \times 100^2)}{(100 \times 1) + (1 \times 100)} = 50,5 \text{ đơn vị}$$

$$\bar{M}_n = \frac{(100 \times 1) + (1 \times 100)}{100 + 1} = 1,99 \text{ đơn vị}$$

$$\beta = \frac{50,5}{1,99} \approx 25,37$$

và đối với hệ B:

$$\bar{M}_w = \frac{(100 \times 1^2) + (100 \times 100^2)}{(1 \times 100) + (100 \times 100)} = 99 \text{ đơn vị}$$

$$\bar{M}_n = \frac{(100 \times 1) + (100 \times 100)}{100 + 100} = 50,5 \text{ đơn vị}$$

$$\beta = \frac{99}{50,5} \approx 1,96$$

Như vậy các hệ A và B đều là đa phân tán, nhưng mức độ đa phân tán của hệ A lớn hơn hệ B hàng chục lần. Nghĩa là sự sai khác của các hạt (về khối lượng hoặc kích thước) trong A lớn hơn trong B nhiều lần.

#### IV. Điều chế và tinh chế các hệ keo

##### 1. Điều chế

Có 2 phương pháp chính điều chế là phương pháp phân tán và phương pháp ngưng tụ.

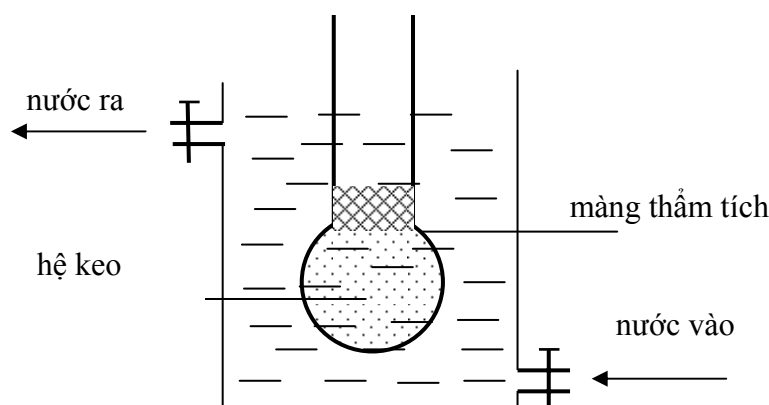
*Phương pháp phân tán:* bao gồm các biện pháp chia nhỏ các hạt phân tán có kích thước lớn thành các hạt có kích thước nhỏ, thích hợp. Ví dụ: nghiền, xay, giã, dùng hồ quang, siêu âm...

*Phương pháp ngưng tụ:* thì ngược lại với phương pháp phân tán bao gồm các biện pháp tập hợp các phân tử nhỏ thành các hạt có kích thước thích hợp. Ví dụ: sự thay đổi tính chất môi trường (nhiệt độ, pH, dung môi...) đều có thể làm cho các phân tử của chất tan ngưng kết lại thành các hạt, cũng có thể thực hiện phản ứng hoá học (oxy hoá - khử, trao đổi, thủy phân...) tạo ra các phân tử của chất khó tan để chúng tập hợp lại thành các hạt.

Vấn đề khó nhất trong việc điều chế không phải là tìm được biện pháp phân tán hay ngưng tụ mà phải tìm được biện pháp khống chế kích thước hạt keo. Nghĩa là sự chia nhỏ không làm cho hạt quá lớn. Ngoài các yếu tố nhiệt độ, pH ... người ta thường chú ý đến việc thêm vào hệ một chất khác hoặc 1 chất làm bền thích hợp, nó vừa có tác dụng khống chế kích thước hạt vừa có tác dụng chống lại sự đông vón hoặc sự kết dính giữa các hạt, trong quá trình điều chế.

##### 2. Tinh chế keo

Trong quá trình điều chế, do nguyên liệu đã dùng, do phải thêm chất làm bền... nên dung dịch keo thu được thường không sạch. Trong số các chất làm bền thì chất điện ly là chất ảnh hưởng lớn đến tính chất của hệ keo. Do đó việc tinh chế keo, trước hết nhằm tách các chất điện ly ra khỏi hệ bằng phương pháp thẩm tích, cách tiến hành như sau:



Hình I.2 Sơ đồ tinh chế hệ keo bằng phương pháp thẩm tích

Cho hệ keo vào một bình thẩm tích, nhưng phía dưới bình được bịt bằng một màng thẩm tích. Đặc điểm của màng thẩm tích là chỉ cho các phân tử và ion đơn giản đi qua, các hạt keo không đi qua được. Cả bình trên được đặt trong một chậu nước sạch có dòng chảy – xem hình I.2. Các ion của chất điện ly khuếch tán qua màng thẩm tích từ hệ keo vào nước và bị nước cuốn đi. Cuối cùng trong bình thẩm tích chỉ còn lại là hệ keo. Để tăng tốc độ quá trình và hiệu quả tinh chế, người ta đặt bình thẩm tích trong điện trường của dòng điện một chiều. Đó là nguyên tắc của phương pháp điện thẩm tích để tinh chế keo.

Ngoài phương pháp thẩm tích còn có thể dùng phương pháp siêu lọc.

Thực chất là sự lọc dung dịch keo qua các màng lọc đặc biệt, màng lọc có các lỗ nhỏ với kích thước xác định. Các ion và phân tử nhỏ lọt qua màng lọc, còn các hạt keo kể cả phân tử chất polyme bị giữ lại trên phễu lọc. Bằng cách chọn các màng có lỗ thích hợp, phương pháp siêu lọc chẳng những cho phép tinh chế các hệ keo mà còn tách riêng được các hạt keo theo kích thước của chúng.

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 1

1. Cách phân loại các hệ phân tán? Phân biệt các hệ: huyền phù và nhũ tương, keo ghét lưu và keo ưa lưu? Cho ví dụ.
2. Hãy chứng tỏ rằng kích thước hạt phân tán càng nhỏ thì bề mặt dị thể càng lớn.
3. Bề mặt riêng và độ phân tán? Công thức tính bề mặt riêng theo kích thước hạt?
4. Đặc điểm của hệ phân tán keo?
5. Phân biệt hệ đơn phân tán với hệ đa phân tán? Cấp hạt và nguyên tắc phương pháp phân tích sa lắng?
6. Độ đa phân tán của hệ? Phương pháp tính?
7. Nguyên tắc các phương pháp điều chế và tinh chế các hệ keo?
8. Một dung dịch protit X. Bề mặt riêng của protit đó là  $8,24 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , khối lượng riêng của hạt là  $\rho = 1,1616 \text{ g cm}^{-3}$ . Tính bán kính trung bình  $\bar{r}$  của các hạt protit X trong dung dịch?  
 Trả lời:  $3,13 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$
9. Một loại đất sét có khối lượng riêng là  $\rho = 2,68 \text{ g cm}^{-3}$  được nghiền thành 3 cấp hạt: cấp 1 có  $\bar{r}_1 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$  chiếm 45%, cấp 2 có  $\bar{r}_2 = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$  chiếm 28%, cấp 3 có  $\bar{r}_3 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$  chiếm 27% khối lượng tất cả các cấp hạt. Tính bề mặt riêng của loại đất sét nghiền trên.  
 Trả lời:  $20,91 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$
10. Trong thể tích của một hệ keo Ag có 0,105g Ag. Giả sử hạt dạng hình lập phương có độ dài cạnh là  $2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ . Tính  
 a/ Số hạt keo và nồng độ mol hạt của hệ  
 b/ Bề mặt dị thể của hạt  
 Khối lượng riêng của Ag là  $1,05 \text{ g cm}^{-3}$   
 Trả lời:  $1,25 \cdot 10^{15}$  hạt,  $2,083 \cdot 10^{-9} \text{ mol hạt} \cdot \text{l}^{-1}$ ;  $3 \text{ m}^2$
11. Tính thời gian cần thiết để hạt  $\text{SiO}_2$  bán kính  $5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$  lắng trong nước cất ở  $25^\circ \text{C}$ , độ nhớt 0,01poa, được 50cm? Biết khối lượng riêng của  $\text{SiO}_2$  là  $2,6 \text{ g cm}^{-3}$  và của nước là  $0,982 \text{ g cm}^{-3}$ .  
 Trả lời: 94,69 phút
12. Một hỗn hợp gồm 0,5mol chất A khối lượng phân tử A là 100.000 và 0,5 mol chất B khối lượng phân tử của B là 200.000. Tính khối lượng trung bình số và khối lượng trung bình khối của phân tử.  
 Trả lời: 150.000 và 167.000