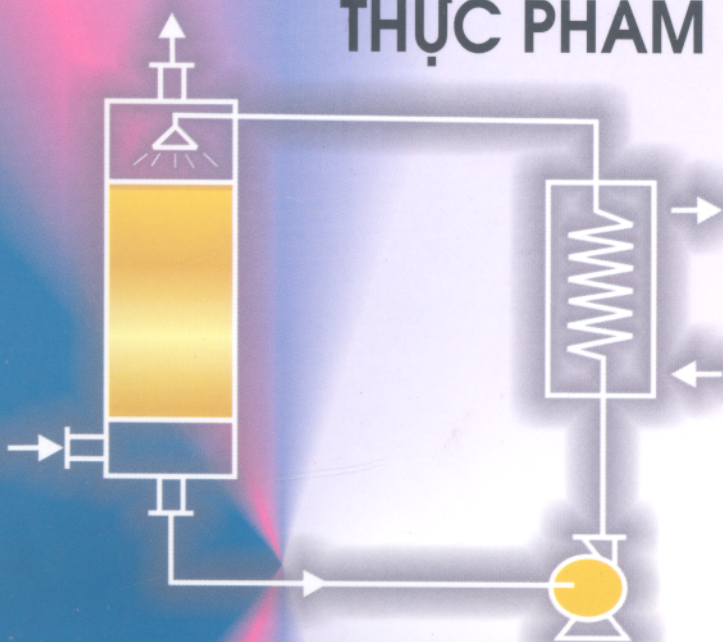


GS. TSKH. NGUYỄN BIN

Các quá trình, thiết bị

TRONG CÔNG NGHỆ
HÓA CHẤT VÀ
THỰC PHẨM



TẬP 4

PHÂN RIÊNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA NHIỆT
(CHUNG LUYỆN, HẤP THỤ, HẤP PHỤ, TRÍCH LY, KẾT TINH, SẤY)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

GS. TSKH. NGUYỄN BIN

**CÁC QUÁ TRÌNH, THIẾT BỊ
TRONG CÔNG NGHỆ HÓA CHẤT
VÀ THỰC PHẨM**

Tập 4

**PHÂN RIÊNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA NHIỆT
(CHUNG LUYỆN, HẤP THỤ, HẤP PHỤ,
TRÍCH LY, KẾT TINH, SẤY)**



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI**

LỜI NÓI ĐẦU

Quá trình và thiết bị truyền chất (chuyển khối) là tập 4 trong bộ sách gồm 5 tập được dùng cho sinh viên ngành Hóa kỹ thuật và Thực phẩm, đồng thời cũng là tài liệu tham khảo tốt cho các nhà khoa học, cán bộ kỹ thuật trong lĩnh vực chuyên môn Kỹ thuật hóa học, thực phẩm và Kỹ thuật môi trường. Nội dung cuốn sách trình bày các quá trình phân riêng dưới tác dụng của nhiệt, như quá trình chưng luyện, hấp thụ, trích ly, hấp phụ, kết tinh và sấy; đồng thời cũng mô tả cấu tạo, nguyên tắc làm việc của một số thiết bị đặc trưng cho các quá trình.

Quyển sách được biên soạn dựa trên cơ sở những giáo trình và bài giảng đã được xuất bản trước đây, nội dung sát với thực tiễn sản xuất. Do đó có thể giúp cho độc giả tự giải quyết những vấn đề có liên quan trong nghiên cứu và sản xuất. Quyển sách được dùng chủ yếu làm giáo trình giảng dạy môn học "Quá trình và thiết bị" cho sinh viên ngành Hóa chất và Thực phẩm cũng như một số ngành chế biến có liên quan khác.

Trong quá trình biên soạn, tuy đã hết sức cố gắng, song không tránh khỏi sai sót, chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của quý bạn đọc. Xin chân thành cảm ơn.

Tác giả

PHẦN THỨ BA

CÁC QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT (CHUYỂN KHỐI, KHUẾCH TÁN)

Chương 1

NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN CỦA QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT

A. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI CÁC QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT

Trong công nghiệp hóa chất, thực phẩm và nhiều quá trình sản xuất dựa trên sự tiếp xúc trực tiếp giữa các pha và sự di chuyển vật chất từ pha này sang pha khác. Quá trình di chuyển vật chất từ pha này sang pha khác khi hai pha tiếp xúc trực tiếp với nhau gọi là quá trình truyền chất, hay còn gọi là quá trình chuyển khối hoặc quá trình khuếch tán.

Tuỳ theo đặc trưng của sự di chuyển vật chất và tính chất của hai pha có thể phân ra các quá trình truyền chất sau đây:

- *Hấp thụ*: là quá trình hút khí (hoặc hơi) bằng chất lỏng, trong đó vật chất di chuyển từ pha khí vào pha lỏng.

- *Chưng*: là quá trình tách các hỗn hợp lỏng thành các cấu tử riêng biệt, trong đó vật chất di chuyển từ pha lỏng vào pha hơi và ngược lại.

- Hấp phụ: là quá trình hút khí (hoặc hơi) bằng các chất rắn xốp, trong đó vật chất di chuyển từ pha khí (hoặc hơi) vào pha rắn.

- Trích ly: là quá trình tách chất hòa tan trong chất lỏng hay chất rắn bằng một chất lỏng khác.

- Kết tinh: là quá trình tách chất rắn trong dung dịch, trong đó vật chất di chuyển từ pha lỏng vào pha rắn.

- Sấy khô: là quá trình tách nước ra khỏi vật ẩm trong đó vật chất (hơi nước) đi từ pha rắn hay pha lỏng vào pha khí.

- Hòa tan: Trong quá trình này vật chất di chuyển từ pha rắn vào pha lỏng.

- Trao đổi ion: là quá trình tách dựa trên khả năng của một số chất trao đổi ion có thể trao đổi các nhóm ion linh động của mình với các ion trong dung dịch.

1.2. BIỂU DIỄN THÀNH PHẦN PHA

Mỗi pha có thể gồm một, hai hoặc nhiều cấu tử tạo thành. Thành phần các cấu tử trong pha có thể biểu diễn bằng nhiều cách khác nhau, xem bảng 1.1, trong đó:

Φ_x - pha lỏng khi chưng luyện, hấp thụ; pha phân tán khi trích ly; pha rắn khi hấp phụ;

Φ_y - pha hơi, khi chưng luyện, hấp thụ, hấp phụ; pha liên tục khi trích ly;

G_x - khối lượng pha Φ_x , kg;

G_y - khối lượng pha Φ_y , kg;

n_x - số mol của pha Φ_x , kmol;

n_y - số mol của pha Φ_y , kmol;

g_k - khối lượng của một cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , kg;

g'_k - khối lượng của một cấu tử bất kỳ trong pha Φ_y , kg;

n_k - số mol của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , kmol;

n'_k - số mol của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_y , kmol;

\bar{x}_k - nồng độ của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , phần khối lượng;

\bar{y}_k - nồng độ của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_y , phần khối lượng;

x_k - nồng độ của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , phần mol;

y_k - nồng độ của cấu tử bất kỳ trong pha Φ_y , phần mol;

\bar{X}_k - nồng độ cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , kg/kg, phần khối lượng tương đối;

\bar{Y}_k - nồng độ cấu tử bất kỳ trong pha Φ_y , kg/kg, phần khối lượng tương đối;

X_k - nồng độ cấu tử bất kỳ trong pha Φ_x , kmol/kmol, phần mol tương đối;

Bảng 1.1. Biểu diễn thành phần pha của hệ gồm pha lỏng và khí

Đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị	Thành phần của cấu tử	Tổng thành phần các cấu tử
Phần khối lượng	\bar{x}_k	$\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$	$\bar{x}_k = \frac{g_k}{\sum g_i} = \frac{g_k}{G_x}$	$\sum \bar{x}_k = 1$
	\bar{y}_k	$\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$	$\bar{y}_k = \frac{g'_k}{\sum g'_i} = \frac{g'_k}{G_y}$	$\sum \bar{y}_k = 1$
Phần mol	x_k	$\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}}$	$x_k = \frac{n_k}{\sum n_i} = \frac{n_k}{n_x}$	$\sum x_i = 1$
	y_k	$\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}}$	$y_k = \frac{n'_k}{\sum n'_i} = \frac{n'_k}{n_y}$	$\sum y_i = 1$
Phần thể tích	v_k	$\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$	$v_k = \frac{V_k}{\sum V_i} = \frac{V_k}{V}$	$\sum v_k = 1$
Áp suất riêng phần	p_k	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$P_k = \frac{n'_k}{n_y} p = \frac{V_k}{V} p$	$\sum p_i = P$
Phần khối lượng tương đối	\bar{X}_k	$\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$	$\bar{X}_k = \frac{g_k}{G_x - g_k}$	
	\bar{Y}_k	$\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$	$\bar{Y}_k = \frac{g'_k}{G_y - g'_k}$	
Phần mol tương đối	X_k	$\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}}$	$X_k = \frac{n_k}{n_x - n_k}$	
	Y_k	$\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}}$	$Y_k = \frac{n'_k}{n_y - n'_k}$	

Y_k – nồng độ cấu tử bất kỳ trong pha Φ_v , kmol/kmol, phần mol tương đối;

v_k – phần thể tích của cấu tử bất kỳ, m^3/m^3 ;

p – áp suất chung của hệ, N/m^2 ;

M_i – khối lượng mol, kg/kmol.

Việc lựa chọn cách biểu diễn thành phần pha phụ thuộc vào định luật cân bằng pha và dòng vật liệu không đổi theo chiều cao của thiết bị. Đối với quá trình chưng luyện, nồng độ phần mol thường được lựa chọn vì theo định luật Raoult và Dalton, nồng độ phần mol của một cấu tử trong pha hơi tỷ lệ thuận với nồng độ phần mol của nó trong pha lỏng và số mol pha hơi không đổi theo chiều cao của thiết bị.

Có nhiều công thức biến đổi thành phần. Sau đây là những công thức thường được sử dụng:

Biến đổi từ phần khối lượng sang phần mol:

$$x_k = \frac{\frac{x_k}{M_k}}{\sum_{i=1}^m \frac{x_i}{M_i}} \quad (1.1)$$

$$y_k = \frac{\frac{y_k}{M_k}}{\sum_{i=1}^m \frac{y_i}{M_i}} \quad (1.2)$$

Biến đổi từ phần mol sang phần mol tương đối trong hấp thụ:

$$X_i = \frac{x_i}{1-x_i}; \quad Y_i = \frac{y_i}{1-y_i} \quad (1.3)$$

Ngược lại:
$$x_i = \frac{X_i}{1+X_i}; \quad y_i = \frac{Y_i}{1+Y_i} \quad (1.4)$$

Những phép biến đổi trên có thể chứng minh dễ dàng bằng cách thay các nồng độ; trường hợp hệ hai cấu tử 1, 2:

$$Y_1 = \frac{n'_1}{n'_2} = \frac{n'_1}{n'_1 + n'_2 - n'_1} = \frac{\frac{n'_1}{n'_1 + n'_2}}{\frac{n'_1 + n'_2}{n'_1 + n'_2} - \frac{n'_1}{n'_1 + n'_2}} = \frac{y_1}{1 - y_1} \quad (1.3a)$$

$$y_1 = \frac{\frac{n'_1}{n'_1 + n'_2}}{1 + \frac{n'_1}{n'_2}} = \frac{Y_1}{1 + Y_1} \quad (1.4a)$$

Đối với hỗn hợp khí lý tưởng phần thể tích của cấu tử có thể xác định theo áp suất:

$$v_k = \frac{P_k}{P} = y_k \quad (1.5)$$

Như vậy đối với hỗn hợp khí lý tưởng thì phần thể tích bằng phần mol.

B. CÂN BẰNG PHA

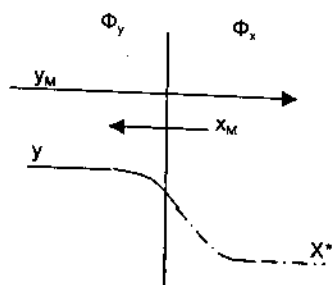
1.3. KHÁI NIỆM VỀ CÂN BẰNG PHA

Giả sử chỉ có hai pha Φ_y và Φ_x tiếp xúc với nhau và cấu tử phân bố trong chúng là M . Ví dụ lúc đầu cấu tử M chỉ có trong pha Φ_y với nồng độ y_M , còn trong pha Φ_x không có cấu tử M , nghĩa là $x_M = 0$.

Khi đó cấu tử M sẽ đi từ pha Φ_y vào pha Φ_x . Vì quá trình truyền chất là quá trình thuận nghịch nên khi trong pha Φ_x có xuất hiện cấu tử M thì lập tức có quá trình di chuyển ngược lại. Nhưng vận tốc của vật chất đi từ pha Φ_y vào pha Φ_x lớn hơn vận tốc vật chất đi từ Φ_x vào pha Φ_y . Quá trình di chuyển vật chất đó thực hiện cho đến khi đạt được cân bằng động, nghĩa là vận tốc chiều thuận và nghịch bằng nhau. Lúc đó ta có nồng độ cấu tử M trong pha Φ_x đạt đến nồng độ cân bằng (nồng độ cân bằng là nồng độ lớn nhất của cấu tử M mà pha Φ_x có thể chứa được tại một điều kiện nhất định). Gọi x^* là nồng độ cân bằng của cấu tử M trong pha Φ_x , ta có sự liên hệ giữa nồng độ cân bằng x^* và nồng độ y_M như sau:

$$x^* = f(y_M)$$

Trong trường hợp chung quan hệ giữa nồng độ cân bằng và nồng độ chất phân bố trong mỗi pha biểu thị như sau:



$$y^* = f_1(x)$$

$$x^* = f_2(y)$$

Nếu như $y < y^*$ thì vật chất di chuyển từ pha Φ_x vào pha Φ_y ; nếu $y > y^*$ thì vật chất chuyển từ pha Φ_y vào pha Φ_x .

1.4. QUY TẮC PHA CỦA GIBBS

Sự tồn tại của một pha hay sự cân bằng pha trong hệ thống chỉ có thể thực hiện được ở những điều kiện xác định. Nếu ta thay đổi những điều kiện đó thì cân bằng sẽ bị phá huỷ, nghĩa là sẽ thay đổi số pha trong hệ.

Quy tắc pha cho phép biết được đối với một hệ nhất định có thể thay đổi bao nhiêu yếu tố mà cân bằng pha của hệ không bị phá huỷ.

Nếu gọi:

C - số bậc tự do hay số điều kiện ít nhất mà khi ta thay đổi chúng một cách độc lập với nhau thì cân bằng pha của hệ thống không bị phá huỷ;

Φ - số pha của hệ;

k - số cấu tử độc lập của hệ;

n - số yếu tố bên ngoài ảnh hưởng lên cân bằng của hệ, khi đó quy tắc pha có thể biểu thị bằng phương trình chung:

$$C = k - \Phi + n \quad (1.6)$$

Đối với quá trình chuyển khối yếu tố bên ngoài ảnh hưởng lên cân bằng của hệ là áp suất và nhiệt độ, vì vậy $n = 2$ và quy tắc pha có dạng:

$$C = k - \Phi + 2 \quad (1.7)$$

Tùy theo số bậc tự do mà hệ có thể là bậc không ($C = 0$); bậc một ($C = 1$); bậc hai ($C = 2$) và bậc cao ($C > 2$).

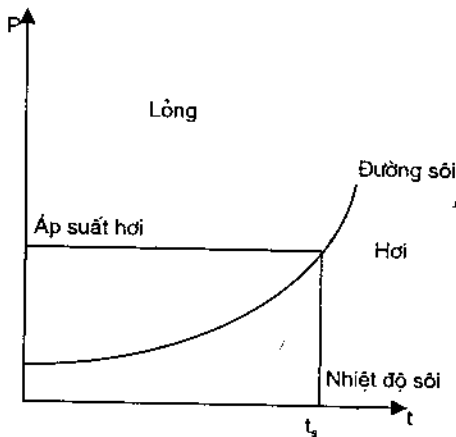
Ví dụ những trường hợp thường gặp:

1.4.1. Hệ thống một cấu tử

Nếu hệ chỉ có một cấu tử (nguyên chất) mà tồn tại đồng thời cả ba pha: rắn, lỏng, hơi thì theo quy tắc pha số bậc tự do có thể xác định:

$$C = 1 - 3 + 2 = 0$$

Nghĩa là hệ bậc không, hệ này chỉ tồn tại ở một giá trị nhất định của áp suất và nhiệt độ. Nếu thay đổi một trong các yếu tố trên thì hệ sẽ mất đi một pha và biến thành hệ hai pha.



Hình 1.1. Sự phụ thuộc áp suất và nhiệt độ của hơi nước bão hòa

Do đó đối với mỗi chất lỏng ta có thể lập được đường cong phụ thuộc giữa áp suất hơi bão hòa và nhiệt độ (hình 1.1).

Thường các số liệu về áp suất và nhiệt độ chất lỏng là những số liệu thực nghiệm đã cho sẵn trong các tài liệu chuyên môn. Trường hợp không có số liệu thực nghiệm ta cũng có thể tìm được sự phụ thuộc bằng lý thuyết.

Sự dịch chuyển cân bằng của một chất từ pha này sang pha khác thể hiện bằng phương trình:

$$r = T \frac{dP}{dT} \Delta V \quad (1.8)$$

trong đó: r - nhiệt chuyển pha (bốc hơi, hóa lỏng, thăng hoa...), J/kmol;

T - nhiệt độ chuyển pha, °K;