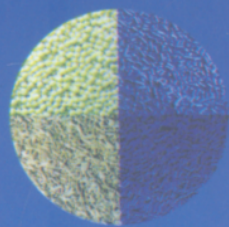




1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

PGS., TS. MAI XUÂN KỲ



THIẾT BỊ PHẢN ỨNG

TRONG CÔNG NGHIỆP HOÁ HỌC

(NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ)

TẬP 2



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

PGS., TS. MAI XUÂN KỲ

THIẾT BỊ PHẢN ỨNG TRONG CÔNG NGHIỆP HOÁ HỌC (Nghiên cứu, tính toán và thiết kế)

TẬP 2



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

MỤC LỤC

Lời nói đầu	7
Chương 4.	
Phân bố thời gian lưu và ảnh hưởng của khuấy trộn trong các thiết bị phản ứng làm việc liên tục	9
I. Hàm phân bố tổng và phổ phân bố thời gian lưu	9
1.1. Định nghĩa 1	9
1.2. Định nghĩa 2	10
1.3. Định nghĩa 3	10
II. Xác định đường cong phân bố tổng thời gian lưu và phổ thời gian lưu bằng thực nghiệm	11
2.1. Tín hiệu vào là hàm bậc thang	12
2.2. Tín hiệu vào là hàm Dirac	12
III. Các đặc trưng thời gian lưu trong các thiết bị phản ứng làm việc liên tục	14
3.1. Đặc trưng thời gian lưu trong thiết bị khuấy lý tưởng làm việc liên tục	14
3.2. Đặc trưng thời gian lưu trong một dãy nối tiếp các thiết bị kiểu khuấy làm việc liên tục	15
3.3. Đặc trưng thời gian lưu trong thiết bị kiểu ống chảy dòng:	17
IV. Đặc trưng thời gian lưu của các thiết bị thực:	19
4.1. Đặc trưng thời gian lưu ở các thiết bị thực, kiểu khuấy hoạt động liên tục:	19
4.2. Đặc trưng thời gian lưu trong thiết bị kiểu ống thực	20
4.2.1. Mô hình phân tán:	20
4.2.2. Hệ số khuấy trộn dọc trục trong thiết bị kiểu ống	24
4.2.3. Mô hình dây hộp:	26
V. Độ chuyển hoá trong các thiết bị phản ứng thực	27
5.1. Hình thức khuấy trộn trong thiết bị phản ứng	27
5.2. Tính toán độ chuyển hoá khi biết thời gian lưu và mức độ khuấy trộn vĩ mô	29
5.3. Tính toán độ chuyển hoá theo mô hình phân tán	33
Chương 5.	
Cơ sở tính toán các quá trình và thiết bị phản ứng cho các hệ dị thể	37
I. Động học các quá trình hoá học dị thể (macro kinetic)	37
1.1. Khái niệm chung:	37
1.2. Vận tốc hiệu dụng của phản ứng hoá học:	39
1.3. Các phản ứng dị thể trên bề mặt tiếp xúc giữa vật thể rắn và dòng liên tục:	42
1.3.1. Quá trình vận tải bên ngoài ở các phản ứng dị thể:	42
1.3.2. Ảnh hưởng của vận tải bên ngoài đến nhiệt độ trên bề mặt vật thể rắn	44
1.3.3. Tính toán hệ số cấp khối và hệ số truyền nhiệt:	47
1.3.4. Quá trình vận tải bên trong ở các phản ứng dị thể	49
1.3.4.1. Vận tải chất và phản ứng hóa học trong vật rắn, xốp:	50
1.3.4.2. Vận tải chất, vận tải năng lượng và phản ứng hoá học trong vật rắn xốp:	61

1.3.5. Tác dụng tương hỗ của các quá trình vận tải bên ngoài, vận tải bên trong và phản ứng hoá học:	65
1.3.6. Quá trình khuếch tán trong vật rắn xốp :	71
1.3.6.1. Khuếch tán phân tử trong pha khí	71
1.3.6.2. Khuếch tán phân tử trong pha lỏng:	75
1.3.6.3. Khuếch tán Knudsen	76
1.3.6.4. Khuếch tán trong vùng chuyển tiếp	76
1.3.6.5. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán hiệu dụng	77
Chương 6	
Tính toán các thiết bị phản ứng xúc tác dị thể.....	79
I. Vài nét về xúc tác rắn.....	79
II. Động học các quá trình hoá học dị thể (macrokinetic).....	80
2.1. Cơ chế Langmuir - Hinshelwood (1921).....	81
2.2. Cơ chế Eley và Rideal (1943):.....	82
2.3. Phương trình động học:	82
2.4. Chọn phương trình động học trong tính toán thiết bị phản ứng xúc tác	83
III. Các loại thiết bị phản ứng cho các quá trình xúc tác dị thể	84
3.1. Thiết bị xúc tác lớp tĩnh:.....	84
3.1.1. Giới thiệu chung	84
3.1.2. Cân bằng chất và cân bằng nhiệt cho thiết bị xúc tác lớp tĩnh	88
3.1.2.1. Cân bằng chất cho thiết bị xúc tác lớp tĩnh:	88
3.1.2.2. Cân bằng nhiệt cho thiết bị xúc tác lớp tĩnh:.....	91
3.1.2.3. Tính toán thiết bị xúc tác lớp tĩnh đẳng nhiệt:.....	92
3.1.2.4. Tính toán thiết bị phản ứng xúc tác lớp tĩnh đoạn nhiệt:.....	93
3.1.2.5. Tính toán thiết bị xúc tác lớp tĩnh đa nhiệt.....	97
3.2. Thiết bị với lớp xúc tác tầng sôi:	103
3.2.1. Sự hình thành lớp tầng sôi và trạng thái lớp tầng sôi	103
3.2.2. Các đặc trưng của lớp tầng sôi.....	105
3.2.3. Mô hình hoá toán học các thiết bị phản ứng có lớp tầng sôi	106
Chương 7.	
Các quá trình và thiết bị phản ứng dị thể giữa chất rắn và một pha liên tục.....	111
I. Khái niệm chung	111
II. Mô hình “nhân chất rắn có lớp vỏ bọc”	112
2.1. Độ chuyển hoá của phân tử pha rắn là hàm của thời gian, thành phần pha liên tục không đổi	117
III. Tính toán các thiết bị phản ứng để tiến hành phản ứng giữa một pha liên tục và chất rắn	123
3.1. Trường hợp thành phần pha liên tục đồng nhất trong toàn bộ không gian của thiết bị phản ứng	123
3.2. Trường hợp thành phần pha khí khác nhau tại mọi điểm của không gian thiết bị phản ứng.....	124
a. Với thiết bị có lớp chất rắn tĩnh:.....	124
b. Với thiết bị có lớp chất rắn chuyển động.....	126
Chương 8.	
Các quá trình và Thiết bị phản ứng hoá học giữa hai lưu thể.....	131
I. Khái niệm chung	131
II. Sự kết hợp giữa chuyển khối và phản ứng hoá học	133
2.1. Hấp thụ vật lý:	133

2.2. Quá trình hấp thụ kèm theo phản ứng hoá học	138
2.2.1. Trường hợp thứ nhất:	139
2.2.2. Trường hợp thứ 2:	140
2.2.3. Ví dụ: Xử lý khói thải.....	143
III. Các thiết bị phản ứng dùng cho hệ khí – lỏng trong công nghiệp	150
Chương 9:	
Các quá trình và thiết bị phản ứng tổng hợp polymer.....	155
I. Một số đặc điểm của sản xuất polymer trong công nghiệp.....	155
II. Động học các phản ứng polymer hoá.....	157
2.1. Khối lượng mol và độ trùng hợp.....	157
2.2. Trùng hợp gốc:	158
2.2.1. Các phản ứng cơ sở và vận tốc của phản ứng	158
2.2.2. Độ trùng hợp và độ dài mạch động học:.....	159
2.2.3. Phân bố khối lượng phân tử:.....	160
2.2.4. Hiệu ứng gel và hiệu ứng thuỷ tinh	162
2.2.5. Phản ứng đồng trùng hợp.....	162
2.3. Trùng hợp ion	164
2.4. Phản ứng đa tụ và phản ứng trùng ngưng	167
2.5. So sánh ba dạng phản ứng trùng hợp.....	170
III. Ảnh hưởng của cơ chế trùng hợp và loại thiết bị phản ứng lên phân bố khối lượng phân tử.....	170
3.1. Trùng hợp gián đoạn.....	172
3.1.1. Trùng hợp gốc trong thiết bị phản ứng kiểu khuấy lý tưởng làm việc gián đoạn hay trong thiết bị kiểu đẩy lý tưởng.....	172
3.1.2. Polymer hoá sống – living polymerisation trong thiết bị phản ứng gián đoạn.....	174
3.1.3. Đa tụ trong thiết bị phản ứng gián đoạn	174
3.2. Trùng hợp liên tục	174
3.2.1. Trùng hợp gốc trong thiết bị kiểu khuấy, làm việc liên tục.....	175
3.2.2. “Trùng hợp sống” (living polymerisation) liên tục:	175
3.2.3. Trùng ngưng liên tục:	175
IV. Kỹ thuật tiến hành phản ứng polymer hoá	176
4.1. Trùng hợp khối liên tục polystyren.....	176
4.2. Trạng thái động lực của một thiết bị phản ứng trùng hợp (polymer hoá) liên tục	177
4.3. Đồng trùng hợp styren/acrylonitril	181
4.4. Sản xuất liên tục polyetyleneterephtalat.....	183
V. Phương pháp công nghệ trùng hợp dị thể	185
5.1. Trùng hợp dung dịch có phân tách	187
5.2. Trùng hợp huyền phù.....	187
5.3. Trùng hợp nhũ tương	190
Tài liệu tham khảo.....	1923

Nội dung của Tập 1:

Bài mở đầu: Các khái niệm cơ bản về thiết bị, phản ứng hoá học

Chương 1. Quan điểm kinh tế trong tiến hành các quá trình công nghệ hoá học

Chương 2. Cơ sở hoá lý của các quá trình & thiết bị, Phản ứng hoá học

Chương 3. Cấu trúc dòng và tính toán các thiết bị, phản ứng cho các hệ đồng thể

Lời nói đầu

Nội dung của lĩnh vực học thuật "Công nghệ Hoá học" dựa trên những tri thức của hoá lý cơ bản và kỹ thuật công nghệ hoá trong đó "Kỹ thuật tiến hành phản ứng hoá học, hay còn gọi là tính toán và thiết kế thiết bị phản ứng hoá học" có thể được xem là trọng tâm của lĩnh vực công nghệ hoá học hiện đại.

Trong thực tế đào tạo, sinh viên các ngành Hoá học, nhóm ngành Công nghệ Hoá học, ngành kỹ thuật công nghệ hoá học và kể cả một bộ phận sinh viên ngành kinh tế rất cần được trang bị kiến thức của môn học này. Nó sẽ cung cấp cho sinh viên những kiến thức tổng hợp, trang bị cho họ cả những kiến thức về cơ sở nghiên cứu, thiết kế và cả phương thức tư duy chuyên ngành, qua đó chuẩn bị cho họ những điều kiện cần thiết để có thể làm việc, hoà nhập trong những tập thể khoa học kỹ thuật lớn bao gồm cả các nhà nghiên cứu khoa học tự nhiên, các kỹ sư công nghệ và cả các nhà kinh tế.

Phần lớn sinh viên thuộc các chuyên ngành hoá học và công nghệ hoá học do các trường Đại học đào tạo ra đều làm việc trong các lĩnh vực công nghiệp. Thế nhưng các Trường Đại học lại thường đã đào tạo quá nhiều, quá sâu về những vấn đề lý thuyết cơ bản mà quên đi hoặc coi nhẹ việc trang bị cho sinh viên những kiến thức mang đặc trưng về một "dời sống nghề nghiệp" có tính công nghiệp của họ trong tương lai. Có lẽ đó là một tồn tại trong đào tạo cần phải được nhận thấy kể từ khi khoa học, và đặc biệt là ngành hoá học được hình thành 2 mảng lớn: khoa học cơ bản và khoa học công nghệ.

Giáo trình "Tính toán và thiết kế thiết bị phản ứng trong công nghệ hoá học" là một bộ phận không tách rời của chương trình đào tạo các kỹ sư ngành Máy và Thiết bị Công nghiệp Hoá chất và Dầu khí của Trường Đại học Bách Khoa Hà nội. Giáo trình được hình thành trên cơ sở các bài giảng tại Trường Đại học Bách Khoa Hà nội và tham khảo các tài liệu có tính định hướng trên thế giới.

Giáo trình trình bày các nhóm kiến thức cơ bản về nghiên cứu, tính toán, thiết kế triển khai và kỹ thuật vận hành các hệ thiết bị phản ứng trong công nghiệp hoá học.

Tác giả cũng đã cố gắng lựa chọn, đồng nhất hoá các khái niệm, các định nghĩa và các ký hiệu thông dụng trên thế giới trong lĩnh vực chuyên môn này.

Thông qua việc trình bày, giải các bài toán ví dụ, bạn đọc có thể so sánh với các bài toán thực tế để tìm thấy cho mình những điều bổ ích hoặc cũng có thể tìm cho mình một phương pháp tính toán phù hợp hơn với kỹ thuật tính toán hiện đại trong điều kiện có thể.

Tên gọi các đại lượng và thứ nguyên của chúng cũng đã được dùng theo IUPAC và TCVN.

Giáo trình là tài liệu giảng dạy, học tập và nghiên cứu của cán bộ, sinh viên và nghiên cứu sinh nhóm ngành Máy và Thiết bị Công nghiệp Hoá chất – Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà nội, có thể làm tài liệu tham khảo cho rộng rãi các cán bộ, nghiên cứu sinh và sinh viên thuộc các nhóm ngành công nghệ hoá học: Công nghệ các chất vô cơ,

công nghệ các chất hữu cơ và hoá dầu, công nghệ vật liệu polymer, công nghệ luyện kim và vật liệu, cũng như sinh viên ngành hoá học và ngành kinh tế.

Để tiện sử dụng, Giáo trình được chia làm 2 tập: Tập 1 bao gồm các chương 1, 2 và 3. Tập 2 bao gồm các chương 4, 5, 6, 7, 8 và 9.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn các đồng nghiệp của Bộ môn Máy và Thiết bị Công nghiệp Hoá chất – Trường Đại học Bách Khoa Hà nội, đặc biệt là KS Tống Thị Hoàng Dương, KS Nguyễn Anh Tuấn, Thạc sỹ Tạ Hồng Đức đã có nhiều công lao đóng góp trong việc hoàn thành Giáo trình.

Giáo trình không thể không có những thiếu sót, mong bạn đọc lượng thứ và xin được nhận mọi góp ý, phê bình đến Bộ môn Máy và Thiết bị Công nghiệp Hoá chất – Trường Đại học Bách Khoa Hà nội.

Tác giả

Chương 4

PHÂN BỐ THỜI GIAN LƯU VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA KHUẤY TRỘN TRONG CÁC THIẾT BỊ PHẢN ỨNG LÀM VIỆC LIÊN TỤC

Trong phạm vi chương này, ta nghiên cứu phân bố thời gian lưu trong thiết bị liên tục thực tế và trong các thiết bị lý tưởng sai khác nhau như thế nào để từ đó xem xét sự sai khác về độ chuyển hóa trong các loại thiết bị đó.

Ở đây chúng ta xem các loại thiết bị có dòng chảy qua liên tục giống như các thiết bị phản ứng đã xét ở những phần trên, nhưng ta giả thiết rằng, trong các thiết bị ở phần này không xảy ra phản ứng hoá học để loại trừ các hiệu ứng do phản ứng hoá học gây ra: nhiệt độ, áp suất, thay đổi thể tích,...

Ta vẫn gọi các thiết bị đó là thiết bị phản ứng để làm rõ phân bố thời gian lưu trong tính toán các thiết bị phản ứng hoá học.

I. HÀM PHÂN BỐ TỔNG VÀ PHỔ PHÂN BỐ THỜI GIAN LƯU

Gọi V_R là thể tích thiết bị [m^3];

V : là lưu lượng dòng qua thiết bị [m^3/h];

$\bar{\tau} = V_R / V$: thời gian lưu trung bình. (4.1)

Trong một thiết bị phản ứng hoá học đại lượng thời gian lưu trung bình $\bar{\tau}$ chỉ có thể cho ta thời gian lưu của một phần tử của dòng liên tục khi thiết bị đó làm việc theo chế độ đầy lý tưởng. Chỉ có trong trường hợp này thời gian lưu của mọi phần tử của dòng mới là như nhau và bằng thời gian lưu trung bình đã nói ở trên. Trong các trường hợp khác, thời gian lưu thực tế của các phần tử được đưa vào thiết bị tại một thời điểm, có thể rất khác nhau và phổ phân bố sẽ là một vùng rộng hoặc hẹp.

1.1. Định nghĩa 1

Hàm phân bố tổng thời gian lưu $S(t)$ của một dòng chảy liên tục là phần thể tích của dòng chảy có thời gian lưu giữa 0 và t ; nghĩa là xác suất để cho một phân tử thể tích của dòng được cấp vào thiết bị tại $t = 0$ và rời thiết bị sau một khoảng thời gian từ 0 - t . Và do đó xác suất để cho phân tử thể tích rời hệ thống sau một khoảng thời gian $> t$ sẽ là $1 - S(t)$.

Vì không có một phân tử thể tích nào của dòng chảy có thể chảy qua thiết bị tại $t = 0$, cho nên phải có: $S(0) = 0$.

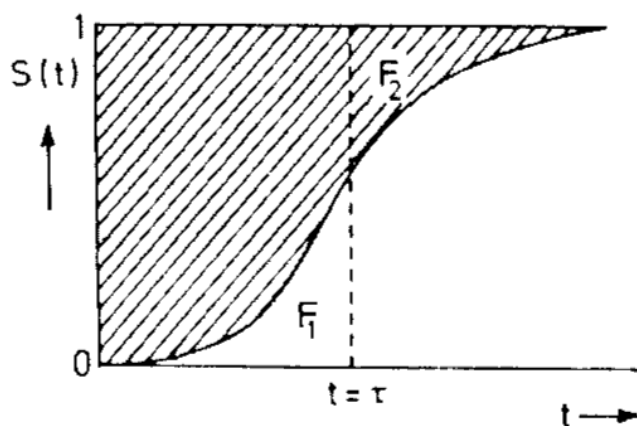
Mặt khác cũng không thể có một phân tử thể tích nào ở lại trong thiết bị với thời gian dài vô hạn, nên $S(\infty) = 1$.

1.2. Định nghĩa 2

Từ định nghĩa trên cho thấy vi phân của hàm phân bố tổng thời gian lưu là $dS(t)$ chính là phần thể tích của dòng ra khỏi thiết bị trong khoảng thời gian giữa t và $t + dt$ và thời gian lưu trung bình sẽ là:

$$\tau = \int_0^1 t dS(t) \quad (4.2)$$

Một ví dụ về một hàm phân bố tổng thời gian lưu trình bày như ở hình 4-1 sau:



Hình 4-1. Ví dụ về một đường cong phân bố tổng thời gian lưu.

Thời gian lưu trung bình τ bằng phần diện tích được gạch chéo trên hình vẽ và điều đó có nghĩa là phải có: $F_1 = F_2$.

Để đánh giá về phân bố các phân tử thể tích của dòng liên tục đi ra khỏi thiết bị phản ứng với những thời gian lưu t khác nhau người ta dùng *phổ thời gian lưu*, ký hiệu là $H(t)$ và được định nghĩa như sau.

1.3. Định nghĩa 3

$H(t)$ là phần của dòng liên tục có thời gian lưu trong khoảng t và $t + dt$; và là xác suất để cho một phân tử thể tích đi vào thiết bị tại thời điểm $t = 0$ và rời khỏi thiết bị sau khoảng thời gian từ t đến $t+dt$. Theo định nghĩa trên rõ ràng:

$$d[S(t)] = H(t).dt \quad (4.3)$$

Nghĩa là $H(t)$ - phổ phân bố thời gian lưu bằng vi phân hàm phân bố $S(t)$ theo thời gian t .