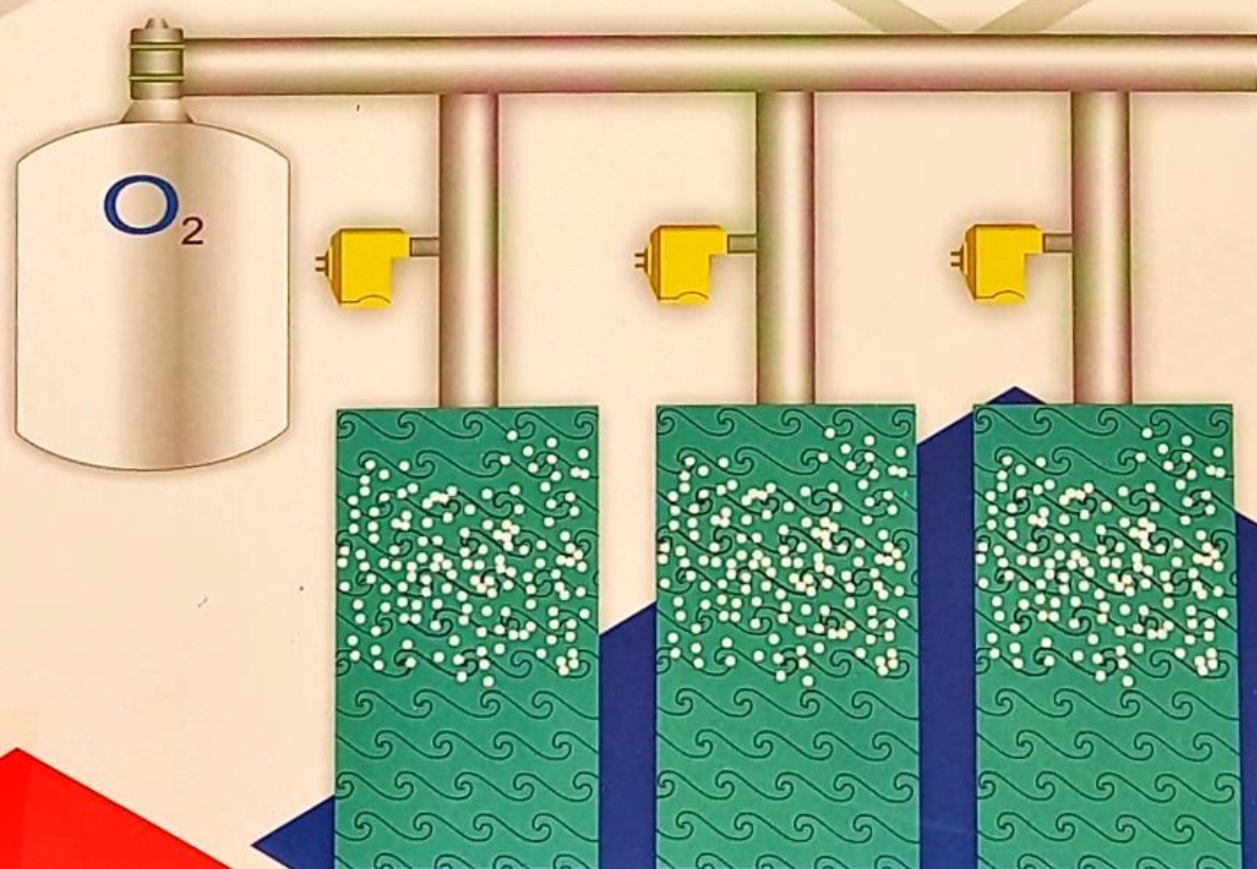


GS.TSKH. NGUYỄN BIN

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

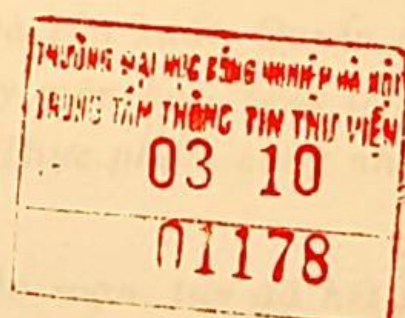
GS. TSKH. NGUYỄN BIN

LỜI NÓI ĐẦU

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

Tập 4

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



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2011**

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

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
<i>Phần thứ ba . CÁC QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT</i>	
<i>(CHUYỂN KHỐI, KHUẾCH TÁN)</i>	5
<i>Chương 1. NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN CỦA QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT</i>	5
A. KHÁI NIỆM CƠ BẢN	5
1.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI CÁC QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT	5
1.2. BIỂU DIỄN THÀNH PHẦN PHA	6
B. CÂN BẰNG PHA	9
1.3. KHÁI NIỆM VỀ CÂN BẰNG PHA	9
1.4. QUY TẮC PHA CỦA GIBBS	10
1.4.1. Hệ thống một cấu tử	11
1.4.2. Hệ thống hai cấu tử	13
1.5. CÁC ĐỊNH LUẬT CÂN BẰNG PHA	13
1.5.1. Định luật Henry	13
1.5.2. Định luật Raoult	14
C. CÁC ĐỊNH LUẬT KHUẾCH TÁN	15
1.6. KHUẾCH TÁN PHÂN TỬ	16
1.6.1. Vận tốc khuếch tán	16

1.6.2. Công thức tính hệ số khuếch tán	17
1.6.2.1. Hệ số khuếch tán của khí trong khí	17
1.6.2.2. Hệ số khuếch tán của khí trong lỏng	18
1.7. KHUẾCH TÁN ĐỐI LƯU	20
D. CÂN BẰNG VẬT LIỆU VÀ ĐỘNG LỰC CỦA QUÁ TRÌNH	23
1.8. PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG VẬT LIỆU TRONG THIẾT BỊ TRUYỀN CHẤT	23
1.9. ĐỘNG LỰC KHUẾCH TÁN	24
1.10. PHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN CHẤT VÀ ĐỘNG LỰC TRUNG BÌNH	26
1.10.1. Phương trình cấp chất	26
1.10.2. Thứ nguyên và ý nghĩa vật lý của hệ số cấp chất	27
1.10.3. Phương trình truyền chất	27
1.10.4. Xác định động lực trung bình	29
1.10.4.1. Động lực trung bình tích phân	29
1.10.4.2. Động lực trung bình lôgarit	31
E. PHƯƠNG PHÁP TÍNH ĐƯỜNG KÍNH VÀ CHIỀU CAO THIẾT BỊ TRUYỀN CHẤT	33
1.11. TÍNH ĐƯỜNG KÍNH THIẾT BỊ	34
1.12. TÍNH CHIỀU CAO THIẾT BỊ	34
1.12.1. Tính chiều cao thiết bị theo phương trình truyền chất	34
1.12.2. Tính chiều cao thiết bị theo số bậc thay đổi nồng độ	35

1.12.3. Tính chiều cao theo số đơn vị truyền chất	37
1.12.3.1. Số đơn vị truyền chất	37
1.12.3.2. Xác định số đơn vị truyền chất	38
1.12.4. Xác định chiều cao thiết bị truyền chất theo cách vẽ đường cong động học	41
G. ĐỒNG DẠNG CỦA QUÁ TRÌNH TRUYỀN CHẤT	44
Chương 2. CHUNG	49
2.1. KHÁI NIỆM	49
2.2. HỖN HỢP LỎNG HAI CẤU TỬ	50
2.2.1. Khái niệm	50
2.2.2. Cân bằng hơi lỏng của hỗn hợp hai cấu tử	52
2.2.2.1. Phân loại hỗn hợp hai cấu tử	52
2.2.2.2. Đồ thị $x - p$	53
2.2.2.3. Đồ thị $x, y - t$	53
2.3. CHUNG BẰNG HƠI NƯỚC TRỰC TIẾP	60
2.3.1. Nguyên lý chung hệ chất lỏng không hòa tan vào nhau	60
2.3.2. Sơ đồ chưng bằng hơi nước trực tiếp	61
2.3.3. Giới hạn của nhiệt độ chưng	63
2.3.4. Xác định lượng hơi nước tiêu tốn	64
2.3.5. Quan hệ giữa năng suất và nhiệt độ chưng	66
2.4. CHUNG LIÊN TỤC	67

2.4.1. Chưng đơn giản liên tục	67
2.4.1.1. Chưng bốc hơi	67
2.4.1.1. Chưng tiết lưu	67
2.4.1.3. Đồ thị $x, y - t$ và $y - x$	68
2.4.1.4. Cân bằng vật liệu trong chưng liên tục đơn giản	69
2.4.1.5. Đường cong cân bằng của quá trình bay hơi	70
2.4.2. Chưng luyện liên tục	71
2.4.2.1. Nguyên tắc chưng luyện	71
2.4.2.2. Xác định số đĩa theo McCabe và Thiele	74
2.4.2.3. Chỉ số hồi lưu thích hợp	82
2.4.2.4. Tính lượng hơi và lỏng đi trong tháp	84
2.4.2.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ hỗn hợp đầu	84
2.4.2.6. Lượng hồi lưu vào tháp ở nhiệt độ không sôi	90
2.4.2.7. Ngưng tụ hồi lưu ở đỉnh tháp	91
2.4.2.8. Chưng cất dung dịch chứa nước	93
2.4.2.9. Tháp chưng luyện liên tục chỉ có cột chưng	95
2.4.2.10. Phương pháp tính toán xác định chỉ số hồi lưu và số đĩa lý thuyết	97
2.4.2.11. Xác định số đơn vị chuyển khối	100
2.4.2.12. Đồ thị quan hệ hàm nhiệt - nồng độ ($i - x, y$)	102
2.5. CHƯNG GIẢN ĐOẠN	117

2.5.1. Sự phụ thuộc vào thời gian của quá trình chưng	117
2.5.2. Chưng gián đoạn đơn giản	118
2.5.3. Chưng luyện gián đoạn	121
2.5.3.1. Sơ đồ chưng luyện gián đoạn	121
2.5.3.2. Chưng luyện gián đoạn với chỉ số hồi lưu không đổi	122
2.5.3.3. Chưng luyện gián đoạn với thành phần sản phẩm đỉnh không đổi	126
2.6. CÂN BẰNG NHIỆT LƯỢNG CỦA QUÁ TRÌNH CHƯNG LUYỆN	129
2.6.1. Cân bằng nhiệt lượng của chưng luyện liên tục	129
2.6.1.1. Cân bằng nhiệt lượng của thiết bị đun nóng	129
2.6.1.2. Cân bằng nhiệt của tháp	131
2.6.1.3. Cân bằng nhiệt lượng của thiết bị ngưng tụ	131
2.6.1.4. Cân bằng nhiệt lượng của thiết bị làm lạnh	132
2.6.2. Cân bằng nhiệt lượng của quá trình chưng luyện gián đoạn	132
2.6.2.1. Chưng luyện khi thành phần đỉnh tháp không đổi	132
2.6.2.2. Chưng luyện khi chỉ số hồi lưu không đổi	132
2.7. CHƯNG LUYỆN NHIỀU CẤU TỬ	133
2.7.1. Toạ độ tam giác đều	133
2.7.2. Vận dụng các định luật cơ bản cho hỗn hợp ba cấu tử	135
2.7.3. Biểu diễn đường sôi và đường ngưng tụ trong đồ thị tam giác	135
2.7.4. Biểu diễn đường chưng trên đồ thị tam giác	137

2.7.5. Đường cân bằng trên đồ thị tam giác	138
2.7.6. Xác định số đĩa lý thuyết	139
2.7.7. Chứng luyện nhiều cấu tử	142
2.7.7.1. Quan hệ cân bằng của hỗn hợp nhiều cấu tử	143
2.7.7.2. Độ bay hơi tương đối ở hỗn hợp nhiều cấu tử	144
2.7.7.3. Điểm sôi và điểm ngưng tụ của hỗn hợp nhiều cấu tử	144
2.7.7.4. Sự bay hơi của hỗn hợp nhiều cấu tử	145
2.7.7.5. Hệ thống chứng luyện nhiều cấu tử	146
2.7.8. Các phương pháp chưng khác	148
2.7.8.1. Chưng luyện hỗn hợp đẳng phí	148
2.7.8.2. Chưng phân tử	149
Chương 3. HẤP THỤ	151
3.1. CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA QUÁ TRÌNH HẤP THỤ	152
3.1.1. Độ hòa tan của khí trong lỏng	152
3.1.2. Phương trình đường làm việc của quá trình hấp thụ	154
3.1.3. Ảnh hưởng của lượng dung môi đến quá trình hấp thụ	156
3.1.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất lên quá trình hấp thụ	157
3.1.5. Hấp thụ không đẳng nhiệt	158
3.2. THIẾT BỊ HẤP THỤ VÀ CHUNG LUYỆN	160
3.2.1. Khái niệm	160
3.2.1.1. Thiết bị loại bể mặt	160
	387

3.2.1.2. Thiết bị loại màng	161
3.2.1.3. Thiết bị loại phun	164
3.2.1.4. Tháp đệm	166
3.2.1.5. Tháp đĩa	173
3.3. QUÁ TRÌNH NHẢ HẤP THỤ	189
3.3.1. Cân bằng vật liệu của quá trình nhả	189
3.3.2. Lượng khí được dùng trong quá trình nhả hấp thụ	190
3.3.2.1. Lượng khí tối thiểu	191
3.3.2.2. Lượng khí (hơi) thích hợp	192
3.4. HỆ THỐNG HẤP THỤ	192
Chương 4 . TRÍCH LY	195
4.1. KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA	195
A. TRÍCH LY CHẤT LỎNG	196
4.2. SƠ ĐỒ NGUYÊN TẮC TRÍCH LY CHẤT LỎNG	196
4.3. CÂN BẰNG PHA TRONG HỆ LỎNG – LỎNG	197
4.3.1. Định luật phân bố	197
4.3.2. Đồ thị $y - x$	197
4.3.3. Đồ thị tam giác	198
4.4. NGUYÊN TẮC TRÍCH LY	202
4.5. CÂN BẰNG VẬT LIỆU CỦA QUÁ TRÌNH TRÍCH LY	203
4.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP TRÍCH LY	204

4.6.1. Trích ly một bậc	204
4.6.2. Trích ly nhiều bậc chéo dòng	207
4.6.3. Trích ly nhiều bậc ngược chiều	210
4.7. CẤU TẠO THIẾT BỊ TRÍCH LY	215
4.7.1. Loại không có năng lượng ngoài kích thích	215
4.7.1.1. Tháp phun	215
4.7.1.2. Tháp có tấm ngăn	216
4.7.1.3. Tháp đệm	216
4.7.1.4. Tháp đĩa lưới có ống chảy chuyển	217
4.7.2. Loại có năng lượng ngoài kích thích	217
4.7.2.1. Tháp đĩa hình vành khăn có cánh khuấy	217
4.7.2.2. Thiết bị có gây chấn động ngoài	218
B. CÁC QUÁ TRÌNH HÒA TAN VÀ TRÍCH LY RẮN – LỎNG	218
4.8. KHÁI NIỆM	218
4.9. CÂN BẰNG VÀ VẬN TỐC CỦA QUÁ TRÌNH TRÍCH LY RẮN – LỎNG	219
4.10. SƠ ĐỒ TRÍCH LY RẮN – LỎNG	222
4.10.3. Sơ đồ trích ly một bậc	222
4.10.2. Trích ly nhiều bậc	222
Chương 5. KẾT TINH	225
5.1. KHÁI NIỆM	225
5.2. CÂN BẰNG TRONG KẾT TINH	225
	389

5.3. VẬN TỐC KẾT TINH	227
5.3.1. Quá trình tạo mầm	228
5.3.2. Quá trình lớn lên của tinh thể	228
5.4. PHƯƠNG PHÁP KẾT TINH	229
5.4.1. Kết tinh tách một phần dung môi	229
5.4.2. Kết tinh với thay đổi nhiệt độ	230
5.4.3. Kết tinh chân không	230
5.5. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH KẾT TINH	230
5.5.1. Cân bằng vật chất trong kết tinh	230
5.5.1.1. Kết tinh tách một phần dung môi	230
5.5.1.2. Kết tinh không tách dung môi ($W = 0$)	231
5.5.2. Cân bằng nhiệt kết tinh	231
5.6. CẤU TẠO THIẾT BỊ KẾT TINH	232
5.6.1. Thiết bị kết tinh tách một phần dung môi	233
5.6.2. Thiết bị kết tinh làm lạnh bằng dung dịch	234
5.6.3. Thiết bị kết tinh làm lạnh bằng không khí và nước	235
5.6.4. Thiết bị kết tinh chân không	236
Chương 6. QUÁ TRÌNH HẤP PHỤ	238
6.1. KHÁI NIỆM	238
6.2. CHẤT HẤP PHỤ CÔNG NGHIỆP	239
6.2.1. Cấu trúc xốp của chất hấp phụ	239

6.2.2. Than hoạt tính	240
6.2.3. Silicagen	242
6.2.4. Chất dẻo xốp	242
6.2.5. Zeolit	243
6.2.6. Nhôm oxyt hoạt tính	243
6.3. CÂN BẰNG HẤP PHỤ VÀ CƠ CHẾ HẤP PHỤ	244
6.3.1. Hoạt độ hấp phụ (hoạt độ tĩnh)	244
6.3.2. Các thuyết hấp phụ và các đường đẳng nhiệt hấp phụ	244
6.3.2.1. Các đường đẳng nhiệt hấp phụ	244
6.3.2.2. Thuyết hấp phụ Langmuir (1916)	245
6.3.2.3. Thuyết hấp phụ BET và sự phân loại các đường đẳng nhiệt	246
6.3.2.4. Phương trình Freundrich	248
6.3.2.5. Thuyết thế năng của Polanyi (1914)	248
6.3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ	250
6.3.4. Hấp phụ nhiều cấu tử	251
6.3.5. Ảnh hưởng của cấu trúc mao quản, tính chất bề mặt của chất hấp phụ và của pH	252
6.4. ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH HẤP PHỤ	253
6.4.1. Chuyển chất trong pha liên tục (lỏng hoặc khí)	253
6.4.2. Chuyển chất trong mao quản hạt	254
6.4.3. Động học quá trình hấp phụ	256
6.5. THIẾT BỊ HẤP PHỤ	257
	391

6.5.1. Các thiết bị hấp phụ gián đoạn	257
6.5.1.1. Chu trình trên thiết bị gián đoạn	257
6.5.1.2. Thiết bị gián đoạn	258
6.5.1.3. Hệ thống làm việc liên tục	261
6.6. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH HẤP PHỤ	264
6.6.1. Đối với lớp chất hấp phụ cố định	264
6.6.2. Đối với lớp hấp phụ chuyển động	267
Chương 7. SẤY	269
7.1. KHÁI NIỆM CHUNG	269
7.2. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA KHÔNG KHÍ ẨM	271
7.2.1. Độ ẩm tuyệt đối của không khí	271
7.2.2. Độ ẩm tương đối của không khí	271
7.2.3. Hàm ẩm của không khí ẩm	272
7.2.4. Nhiệt lượng riêng của không khí ẩm	273
7.2.5. Điểm sương	273
7.2.6. Nhiệt độ bầu ướt	274
7.2.7. Thể tích không khí ẩm	275
7.2.8. Khối lượng riêng của hỗn hợp không khí ẩm	276
7.3. ĐỒ THỊ $I - X$ CỦA KHÔNG KHÍ ẨM	276
7.3.1. Nguyên tắc thành lập đồ thị $I - x$	276
7.3.1.1. Đường đẳng nhiệt độ ($t^0 = \text{const}$)	277
7.3.1.2. Đường đẳng φ	278

7.3.1.3. Đường áp suất hơi riêng phần p_h	278
7.3.2. Cách sử dụng đồ thị $I - x$	279
7.3.2.1. Để xác định trạng thái không khí ẩm	279
7.3.2.2. Xác định nhiệt độ điểm sương t_s	279
7.3.2.3. Xác định nhiệt độ bầu ướt	280
7.3.3. Mô tả quá trình thay đổi trạng thái trên đồ thị $I - x$	281
7.3.3.1. Khái niệm	281
7.3.3.2. Trộn lẫn hai lượng không khí ẩm có trạng thái khác nhau	282
7.3.3.3. Làm lạnh và làm khô không khí ẩm	283
7.4. CÂN BẰNG KHI SẤY	284
7.4.1. Khái niệm	284
7.4.2. Các dạng liên kết ẩm với vật liệu	285
7.4.3. Độ ẩm của vật liệu và sự thay đổi trạng thái của nó trong quá trình sấy	287
7.5. CÂN BẰNG VẬT LIỆU VÀ NHIỆT LƯỢNG CỦA MÁY SẤY	288
7.5.1. Cân bằng vật liệu của máy sấy	288
7.5.2. Cân bằng nhiệt lượng	290
7.6. XÁC ĐỊNH LƯỢNG KHÔNG KHÍ VÀ LƯỢNG NHIỆT TIÊU TỐN TRONG MÁY SẤY BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ	294
7.6.1. Cách biểu diễn quá trình sấy trong máy sấy lý thuyết lên đồ thị $I - x$	294
7.6.2. Cách biểu diễn quá trình sấy trong máy sấy thực tế	296

7.7. CÁC PHƯƠNG THỨC SẤY	297
7.7.1. Phương thức sấy có bổ sung nhiệt trong phòng sấy	297
7.7.2. Phương thức sấy có đốt nóng giữa các buồng sấy	299
7.7.3. Phương thức sấy có tuần hoàn một phần khí thải	301
7.7.4. Phương thức sấy bằng khói lò trực tiếp	304
7.8. VẬN TỐC SẤY	307
7.8.1. Vận tốc và các giai đoạn sấy	307
7.8.2. Sự thay đổi nhiệt độ của vật liệu trong quá trình sấy	309
7.8.3. Cường độ bay hơi ẩm	310
7.8.4. Sự bay hơi ẩm từ bề mặt vật liệu sấy	310
7.8.5. Sự di chuyển ẩm ở bên trong vật liệu	311
7.8.6. Thời gian sấy	313
7.9. CẤU TẠO MÁY SẤY	315
7.9.1. Các máy sấy đối lưu với lớp vật liệu đứng yên hay chuyển động	316
7.9.1.1. Phòng sấy	316
7.9.1.2. Hàm sấy (tuynen)	317
7.9.1.3. Máy sấy kiểu băng tải	319
7.9.1.4. Máy sấy kiểu băng gấp khúc	321
7.9.2. Máy sấy đối lưu với lớp vật liệu được đảo lộn	322
7.9.2.1. Máy sấy thùng quay	322
7.9.3. Máy sấy đối lưu với lớp vật liệu ở trạng thái sôi (hay lỏng giả)	325

7.9.3.1. Máy sấy tầng sôi một bậc	325
7.9.3.2. Máy sấy tầng sôi hai phòng sấy	326
7.9.3.3. Máy sấy tầng sôi nhiều bậc	327
7.9.3.4. Máy sấy phun	328
7.9.4. Máy sấy đối lưu với vật liệu được vận chuyển	330
7.9.5. Các máy sấy tiếp xúc	332
7.9.5.1. Tủ sấy chân không	332
7.9.5.2. Máy sấy chân không có cánh khuấy	332
7.9.5.3. Máy sấy hai trục lăn	334
7.10. CÁC PHƯƠNG PHÁP SẤY ĐẶC BIỆT	335
7.10.1. Sấy bằng tia bức xạ	335
7.10.1.1. Sấy bằng tia bức xạ kiểu đèn	335
7.10.1.2. Thiết bị sấy có bộ phận bức xạ bằng kim loại hay sành sứ	336
7.10.2. Sấy bằng dòng điện cao tần	337
7.10.3. Sấy thăng hoa (sấy lạnh đông)	338
Chương 8. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP	340
8.1. VÍ DỤ	340
8.2. BÀI TẬP	369
TÀI LIỆU THAM KHẢO	380