

NGUYỄN HOA TOÀN

# ĐỘNG HÓA HỌC VÀ THIẾT BỊ PHẢN ỨNG



TRONG  
CÔNG  
NGHIỆP  
HÓA  
HỌC



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGUYỄN HOA TOÀN

BỘ MÔN CÔNG NGHỆ CÁC HỢP CHẤT VÔ CƠ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

# ĐỘNG HOÁ HỌC

## VÀ THIẾT BỊ PHẢN ỨNG

### TRONG CÔNG NGHIỆP HOÁ HỌC



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2004

Chịu trách nhiệm xuất bản	<b>PGS. TS Tô Đăng Hải</b>
Biên tập	<b>Hồng Thanh</b>
Sửa bài	<b>Hồng Thanh</b>
Vẽ bìa	<b>Hương Lan</b>

---

In 700 cuốn, khổ 14,5 x 20,5cm. Tại Xí nghiệp in II  
Nhà in KIICN.

Giấy phép xuất bản số: 383-21 cấp ngày 15/09/2003.  
In xong và nộp lưu chiểu quý I năm 2004

## MỤC LỤC

	Trang
<i>Một số ký hiệu chủ yếu</i>	6
<i>Mở đầu</i>	11
<b>PHẦN I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN</b>	13
1. Phân loại phản ứng hoá học và quá trình tiến hành phản ứng	13
2. Tốc độ phản ứng hoá học	14
3. Hiệu suất chuyển hoá	16
4. Thời gian phản ứng	16
5. Phương trình động học	17
6. Hằng số tốc độ phản ứng, lý thuyết tốc độ phản ứng	23
<i>Ví dụ</i>	32
<i>Bài tập</i>	40
<b>PHẦN II. ĐỘNG HỌC CỦA CÁC PHẢN ỨNG HOÁ HỌC</b>	43
<i>Chương I. Động học phản ứng hệ đồng nhất</i>	43
1. Động học phản ứng hệ khí đồng nhất xúc tác	43
2. Động học phản ứng hệ lỏng xúc tác đồng nhất	45
3. Động học phản ứng trong hệ gia đồng nhất	49
4. Phản ứng chuỗi và nổ	51
5. Phản ứng quang hoá	58
<i>Chương II. Động học của phản ứng hệ không đồng nhất</i>	68
1. Một số thông số hình học đặc trưng của thể rắn	68

2. Phản ứng hệ khí/lỏng - rắn trường hợp thể rắn có thể tích khối lượng không thay đổi trong quá trình phản ứng	71
<i>Bài tập</i>	102
3. Phản ứng hệ khí/lỏng - rắn, trường hợp thể rắn có khối lượng thay đổi trong quá trình phản ứng	104
 <i>Chương III. Một số vấn đề về động học quá trình kết tinh và xử lý bề mặt</i>	113
1. Vấn đề ảnh hưởng của nhiệt độ tới độ hoà tan	113
2. Ảnh hưởng của kích thước tinh thể tới độ hoà tan	114
3. Quá trình kết tinh từ dung dịch	116
4. Vấn đề kết khối tinh thể	121
5. Vấn đề xử lý bề mặt	124
 <i>Chương IV. Động học phản ứng pha rắn</i>	133
 <i>Chương V. Động học phản ứng hệ khí - lỏng (hấp thụ hoá học)</i>	138
1. Một số vấn đề chung	138
2. Tốc độ của quá trình hấp thụ	142
3. Hệ số chuyển khối (cấp khối)	150
 <b>PHẦN III. KỸ THUẬT PHẢN ỨNG</b>	156
<i>Chương I. Phương trình cân bằng vật liệu cho hệ dòng chảy</i>	156
 <i>Chương II. Tính thể tích thiết bị phản ứng <math>V_R</math></i>	161
1. Với thùng phản ứng làm việc gián đoạn	161
2. Thiết bị dòng chảy liên tục	162

<i>Chương III Phương trình cân bằng nhiệt</i>	176
<i>Ví dụ</i>	189
<i>Bài tập</i>	195
<i>Chương IV. Thiết bị phản ứng trong công nghiệp hoá học</i>	200
1. Thiết bị phản ứng khí hệ rắn	200
2. Thiết bị phản ứng hệ lỏng đồng nhất hoặc không đồng nhất	216
3. Thiết bị phản ứng hệ lỏng - khí, hấp thụ hoá học	216
<i>Tài liệu tham khảo chính</i>	219

## MỘT SỐ KÝ HIỆU CHỦ YẾU

- A thường chỉ tên cấu tử tham gia phản ứng (tương tự với B, C, L, M...)
- $a_i$  hoạt độ của cấu tử i;  $a$  - diện tích riêng hay diện tích tự do
- $C_i$  nồng độ của cấu tử i
- $C_p$  nhiệt dung riêng đẳng áp
- D<sub>i</sub> hệ số khuếch tán phân tử của cấu tử
- $d_i$  đường kính của hạt ở thể rắn
- $d_{id}$  đường kính tương đương
- E,  $E_a$  năng lượng hoạt hóa của phản ứng hóa học
- $\Delta G$  biến thiên năng lượng tự do Gibbs
- $f_i$  fugat của cấu tử i;  $f$  - bậc tự do
- H hằng số Henri, entanpi
- $\Delta H$  nhiệt sinh thành,  $\Delta H^\circ$  - ở trạng thái tiêu chuẩn
- h hằng số Planck
- K hằng số cân bằng của phản ứng
- $k_i$  hằng số tốc độ phản ứng
- L chiều dài thiết bị phản ứng
- $M_i$  phân tử lượng của phân tử i
- $N_i$  tốc độ lưu lượng của cấu tử i
- $n_i$  lượng cấu tử i
- $p$  tổng áp suất hệ
- $p_i$  áp suất riêng phần của cấu tử i
- Q hiệu ứng nhiệt của phản ứng; lượng nhiệt trao đổi,
- $Q_i$  hàm phân bố của i

q	tốc độ truyền nhiệt
R	bán kính của hạt cầu, hằng số thể khí
$r_i$	tốc độ phản ứng tính theo cấu tử i
r	tốc độ phản ứng
S	tiết diện thiết bị, diện tích tiếp xúc pha, entropi
T	nhệt độ tuyệt đối
t	nhệt độ bách phân
U	nội năng
u	tốc độ dòng chảy, $u_x, u_y, \dots$ tốc độ dòng chảy theo phương x, y
$\bar{u}$	tốc độ di động bình quân của phân tử
V	thể tích hệ, tốc độ lưu lượng tính theo thể tích
$V_R$	thể tích thùng phản ứng
W	khối lượng (đùng riêng cho thể rắn)
$x_i$	hiệu suất chuyển hóa tính theo cấu tử i
$Y_i$	tỷ lệ phân tử của cấu tử i
$y_i$	phần trăm thể tích của cấu tử i
Z	chiều dày lớp biên
$\alpha_i$	hệ số hoạt độ của cấu tử i
$\alpha$	hệ số thay đổi thể tích trong phản ứng
$\beta$	những hệ số có ghi chú cụ thể trong từng trường hợp
$\gamma$	hệ số Fugac, trọng lượng riêng
$\varepsilon$	hệ số khe hở của tầng đệm hay thể tích tự do riêng
$\eta$	hiệu suất lợi dụng bề mặt trong của thể rắn xốp
$\theta_i$	tỷ lệ phân trăm diện tích thể rắn đã hấp phụ cấu tử i
$\lambda$	hệ số dẫn nhiệt
$\mu$	độ nhớt động lực
$\rho$	khối lượng riêng
$\sigma$	sức căng bề mặt
$\Psi$	hệ số hình dạng



- $\phi$     mô đun Thiele
- $v_i$     hệ số tỷ lượng của  $i$  trong phản ứng hóa học
- $v$     tần số chấn động của phân tử

*Các chỉ số*

- o    chỉ trạng thái ban đầu
- f    chỉ trạng thái cuối
- g    chỉ pha khí
- l    chỉ pha lỏng
- s    chỉ pha rắn
- t    chỉ thông số trên bề mặt

*Đơn vị đo lường*

Trong giáo trình vẫn dùng đơn vị đo lường hợp pháp của nước ta. Hiện dùng rộng rãi đơn vị đo lường quốc tế (Le Système International d' Unités): có thể chuyển đổi khi cần, trừ một số nơi sử dụng kí hiệu n hoặc N, chỉ trạng thái tiêu chuẩn - có ghi chú riêng.

Hệ thống SI này bao gồm một số bảng, ở đây trích một số bảng thông dụng, thường gặp trong tính toán.

**Bảng 1**

Đơn vị SI cơ bản

Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu
Chiều dài	mét	m
Khối lượng	kilôgam	kg
Thời gian	giây	s
Cường độ dòng điện	Ampe	A
Nhiệt độ	Kelvin	K
Lượng vật chất	mol	mol

**Bảng 2**

Đơn vị phụ

Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu
Góc	radian	rad
Góc lập thể	steradian	sr

**Bảng 3**

Đơn vị chuyên dùng rút ra từ SI

Một số đại lượng *	Các cách biểu diễn khác			
	Tên	Ký hiệu	Tính bằng SI	Tính bằng đơn vị SI cơ bản
Tần số	Hec	Hz		s <sup>-1</sup>
Lực - trọng lực	Newton	N		m.kg.s <sup>-2</sup>
Áp suất	Pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> .kg.s <sup>-2</sup>
Năng lượng, công, nhiệt lượng	Jun	J	N.m	m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup>
Công suất, năng lượng bức xạ	Wat	W	J/s	m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-3</sup>
Điện lượng	Coulông	C		s.A
Điện thế	Volt	V	W/A	m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-3</sup> .A <sup>-1</sup>
Nhiệt độ	Bach phân	°C		K

\* Chỉ trích dẫn các đại lượng thông dụng

**Bảng 4**

Tiếp đầu ngữ theo SI

Độ lớn đại lượng	Nguyên tiếp đầu ngữ	Ký hiệu
10 <sup>18</sup>	exa	E
10 <sup>15</sup>	peta	P
10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>3</sup>	kilo	k