

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к четвертому изданию	9
Предисловие к третьему изданию	10
Предисловие редактора к первому изданию	11
Предисловие автора	13
Главная книга Д. А. Франк-Каменецкого и ее автор	15

ГЛАВА 1 ВВЕДЕНИЕ 21

1.1. Сведения из химической кинетики	22
1.1.1. Скорость реакции	22
1.1.2. Простые и сложные реакции	22
1.1.3. Порядок реакции и энергия активации	23
1.1.4. Автокатализ и промежуточные продукты	23
1.1.5. Цепные реакции	24
1.1.6. Гетерогенные реакции	26
1.2. Сведения из теории диффузии и теплопередачи	33
1.2.1. Подобие процессов диффузии и теплопередачи	33
1.2.2. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде	33
1.2.3. Свободная и вынужденная конвекция	35
1.2.4. Коэффициенты переноса	37
1.2.5. Теория подобия	40
1.2.6. Приведенная пленка	43
1.2.7. Внешняя и внутренняя задачи	44
1.2.8. Коэффициент сопротивлений и аналогия Рейнольдса	45
1.2.9. Уравнения связи между критериями	47
1.2.10. Продольное обтекание пластины	51
1.2.11. Конвекция в слое	52
1.2.12. Псевдооживленный (кипящий) слой	53
1.2.13. Дифференциальные уравнения теплопроводности и диффузии	53
1.2.14. Молекулярные потоки	56
Литература	57

ГЛАВА 2 ДИФфуЗИОННАЯ КИНЕТИКА 58

2.1. Метод равнодоступной поверхности	59
2.1.1. Реакция первого порядка и сложение сопротивлений	60
2.1.2. Молекулярно-кинетическая интерпретация сложения сопротивлений	61
2.1.3. Диффузионная и кинетическая области	63



2.2.	Примеры протекания химических реакций в диффузионной области	65
2.2.1.	Горение угля	66
2.2.2.	Реакции дробного порядка	69
2.2.3.	Кинетика растворения	72
2.2.4.	Гетерогенный обрыв в цепных реакциях	74
2.2.5.	Реакция на стенках замкнутого сосуда	75
2.3.	Диффузионная кинетика сложных реакций	80
2.3.1.	Случай нескольких диффундирующих веществ	80
2.3.2.	Обратимые реакции	83
2.3.3.	Параллельные и последовательные реакции	87
2.3.4.	Автокаталитические реакции	89
2.4.	Равнодоступная поверхность	90
2.5.	Пористая поверхность	91
2.6.	Реакции в несмешивающихся жидких фазах	100
2.7.	Диффузия через мембраны	100
2.8.	Диффузия через поры	103
2.9.	Образование твердых пленок	103
2.10.	Микрогетерогенные процессы	104
2.10.1.	Внутренняя диффузионная область при произвольной кинетике	109
2.11.	Нестационарная диффузионная кинетика и ее применение в радиационной химии	111
2.12.	Операторный метод в нестационарной диффузионной кинетике	115
2.12.1.	Сводка формул операторного метода	118
2.12.2.	Бесконечное полупространство с нулевым начальным условием	121
2.12.3.	Постоянное граничное условие (диффузионная область)	122
2.12.4.	Экспоненциальное граничное условие	123
2.12.5.	Интегрирование диффузионного потока по времени	124
2.12.6.	Граничное условие первого порядка (переходная область)	125
Литература		131

ГЛАВА 3

СТЕФАНОВСКИЙ ПОТОК 133

3.1.	Введение	133
3.1.1.	Общая скорость течения смеси	133
3.1.2.	Стехиометрия потоков	135
3.2.	Скорость стефановского потока	135
3.2.1.	Стефановский поток при одномерной диффузии	136
3.2.2.	Стефановский поток в сферическом случае	139
3.2.3.	Бинарная смесь	140
3.3.	Перенос тепла стефановским потоком	141
3.3.1.	Автотермические процессы	143
3.3.2.	Реакции с участием конденсированных фаз	146



3.4. Конденсация паров в присутствии неконденсирующихся газов . . .	147
3.4.1. Интегрирование формулы Стефана по длине трубы	148
3.4.2. Роль теплоотдачи при конденсации	150
3.4.3. Испарение в присутствии инертного газа	151
3.4.4. Испарение капель жидкости в газовом потоке	152
3.4.5. Диффузионные процессы химической технологии	153

Литература	155
----------------------	-----

ГЛАВА 4

НЕИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ И МНОГОКОМПОНЕНТНАЯ ДИФфуЗИЯ . . 156

4.1. Термодинамическая теория	157
4.1.1. Перенос тепла диффузией	159
4.1.2. Фиксация системы отсчета	160
4.1.3. Идеальные смеси	161
4.1.4. Применение к бинарной смеси	162
4.2. Кинетическая теория	164
4.2.1. Функция распределения	165
4.2.2. Элементарная модель термодиффузии в лоренцовом газе . . .	165
4.2.3. Связь с молекулярными силами	167
4.3. Гидродинамическая теория диффузии (многокомпонентная гидро- динамика)	169
4.3.1. Связь с физической кинетикой	171
4.3.2. Приведенные коэффициенты диффузии	172
4.3.3. Многокомпонентная диффузия	173
4.3.4. Уравнения многокомпонентной диффузии в форме Фика . . .	181
4.3.5. Дифференциальные уравнения для переменных потоков при многокомпонентной диффузии	187
4.3.6. Гидродинамическое представление с силами инерции	188
4.3.7. Неизотермическая диффузия в гидродинамическом предста- влении	189
4.3.8. Термодиффузия в бинарной смеси	192
4.4. Формулы кинетической теории	196
4.5. Коэффициенты диффузии газов при высоких температурах	198
Литература	201

ГЛАВА 5

ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА 203

5.1. Турбулентная диффузия в жидкостях и структура вязкого подслоя .	204
5.1.1. Сведения из теории турбулентного переноса	204
5.2. Химическое зондирование вязкого подслоя	213
5.3. Диффузия в ламинарном пограничном слое и проверка метода рав- нодоступной поверхности	215
5.3.1. Ламинарный диффузионный слой в вязкой жидкости	216
5.3.2. Математическая интерпретация метода равнодоступной по- верхности	221
5.3.3. Решение интегрального уравнения диффузионной кинетики . . .	226
5.3.4. Химическая газодинамика	228
Литература	229



ГЛАВА 6

ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕОРИИ ГОРЕНИЯ 230

6.1. Основные явления горения	231
6.2. Основные процессы горения	234
6.2.1. Горение в движущемся газе	237
6.2.2. Турбулентное горение	238
6.3. Взрывчатые вещества и пороха	240
6.3.1. Испарение и горение конденсированных фаз	241
6.3.2. Очаговое воспламенение	242
6.4. Химическая кинетика реакций горения	242
6.4.1. Модельные реакции и модельные схемы	243
6.5. Методы математической теории горения	251
6.5.1. Квазилинейные уравнения	251
6.5.2. Подобие полей концентраций и поля температуры	253
6.5.3. Пренебрежение начальной скоростью реакции и метод разложения экспонента	256
6.6. Задачи и результаты математической теории горения	258
6.6.1. Воспламенение и зажигание	258
6.6.2. Тепловое распространение пламени	270
6.6.3. Пределы распространения пламени	274
6.7. Обратная задача теории горения и значение приближенных методов	277
Литература	277

ГЛАВА 7

ТЕОРИЯ ТЕПЛОВОГО ВЗРЫВА 280

7.1. Стационарная теория	280
7.1.1. Сопоставление с нестационарной теорией	287
7.1.2. Аналитическое решение задачи о тепловом взрыве для цилиндрического случая	289
7.1.3. Внешняя теплоизоляция	292
7.1.4. Проверка метода разложения экспонента	294
7.1.5. Несимметричное воспламенение	295
7.1.6. Локальное поджигание	296
7.1.7. Очаговое воспламенение	300
7.2. Период индукции вблизи предела и поправка на выгорание	301
7.3. Тепловой взрыв в случае автокаталитических реакций	305
7.4. Экспериментальная проверка теории теплового взрыва	306
Литература	310

ГЛАВА 8

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАМЕНИ 312

8.1. Уравнение и граничные условия	312
8.1.1. Единственность решения	313
8.2. Тепловое распространение пламени	315
8.2.1. Метод теплового потока	317

8.3. Диффузионное (цепное) распространение пламени при автокатализе второго порядка	318
8.4. Горение в движущемся газе	320
8.4.1. Турбулентное горение	320
8.5. Поправка на термическое расширение	321
8.6. Численная проверка приближенной теории	322
8.7. Метод оптимума	323
8.7.1. Неравенство коэффициентов переноса	325
8.7.2. Нестехиометрические реакции	326
8.8. Метод баланса	328
8.8.1. Диффузионная теория горячих пламен	333
8.9. Сопоставление с опытом	334
Литература	336

ГЛАВА 9

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ГЕТЕРОГЕННЫХ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ 337

9.1. Качественная теория явлений воспламенения и потухания при произвольной кинетике реакции	339
9.2. Математическая теория явлений воспламенения и потухания для реакции первого порядка	341
9.3. Стационарный разогрев поверхности для автотермических процессов	347
9.3.1. Поправка на термодиффузию и диффузионную теплопроводность	351
9.3.2. Поправка на стефановский поток	354
9.4. Общий критерий неустойчивости теплового режима в допущении квазистационарной концентрации	354
9.5. Экспериментальные данные	358
9.6. Применения	361
9.6.1. Тепловой режим контактных аппаратов	362
9.6.2. Горение угля	364
9.6.3. Каталитическое окисление изопропилового спирта	365
9.6.4. Каталитические газоанализаторы	367
9.7. Тепловой режим слоя или канала	367
9.8. Тепловой режим поверхности в химической газодинамике	368
Литература	368

ГЛАВА 10

ХИМИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ, УСТОЙЧИВОСТЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 370

10.1. Положительная и отрицательная обратная связь	370
10.2. Затухание, раскачка и автоколебания	371
10.3. Свойства и классификация особых точек	371
10.4. Предельные циклы и автоколебания	374
10.5. Колебательное и термодинамическое равновесие	375



10.6. Релаксационные и томсоповские системы	375
10.7. Тривиально-релаксационные и кинетические колебания	376
10.7.1. Изотермические кинетические колебания	377
10.7.2. Квазикаталитические реакции в жидкой фазе	380
10.7.3. Кинетические колебания при фотосинтезе	382
10.7.4. Термокинетические колебания в замкнутой системе	383
10.7.5. Термокинетические колебания в проточных системах	386
10.8. Устойчивость и колебания в химическом реакторе идеального смешения	386
10.8.1. Автоколебания в гомогенном реакторе	393
10.8.2. Устойчивость гетерогенного катализа	398
10.9. Тепловой режим и неустойчивость в случае параллельных реакций	400
10.10. Химическая кибернетика	402
Литература	405
Припаятые обозначения	406