

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»

Л. В. Матвеев, М. С. Вещунов

КИНЕТИКА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Учебное пособие

МОСКВА
МФТИ
2022

УДК 539.2(075)
ББК 22.36я73
МЗЗ

Рецензенты:

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
кафедра «Аэрогидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
зав. кафедрой доктор физико-математических наук профессор *С. И. Герасимов*
Старший научный сотрудник лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН
кандидат физико-математических наук *А. Р. Аветисян*

Матвеев, Леонид Владимирович
Вещунов, Михаил Сергеевич

МЗЗ Кинетика физических процессов в твердых телах : учеб.
пособ. / Л. В. Матвеев, М. С. Вещунов. – Москва : МФТИ,
2022. – 88 с.; ил.
ISBN 978-5-7417-0806-4

Курс посвящен кинетике физических процессов, происходящих в активной зоне ядерных реакторов в штатном режиме и в условиях гипотетических аварий. Рассмотрены общие характеристики конструкционных материалов в АЗ. Приведены необходимые сведения для определения условий фазового равновесия. Описаны кинетика фазовых переходов, формирования диффузионной зоны, а также поведение и взаимодействие дефектов различного типа в топливе в неравновесных условиях.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Прикладные математика и физика» по специальности «Проблемы современной энергетики и экологическая безопасность».

УДК 539.2(075)
ББК 22.36я73

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета Московского
физико-технического института (национального исследовательского университета)*

ISBN 978-5-7417-0806-4

© Матвеев Л. В., Вещунов М. С., 2022
© Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие характеристики конструкционных материалов в активной зоне	8
2. Основные понятия статистической физики. Фазы и условие равновесия фаз	11
2.1. Параметры состояния. Термодинамические потенциалы.....	11
2.2. Фазы и фазовое равновесие	15
2.3. Равновесие фаз в сплавах	17
2.4. Графический способ нахождения равновесных концентраций в бинарном сплаве	19
3. Потенциал Гиббса бинарного сплава в приближении решеточного газа. Фазовые диаграммы.....	23
3.1. Выражение термодинамического потенциала в приближении решеточного газа	23
3.2. Анализ поведения потенциала Гиббса бинарной системы. Построение простейших фазовых диаграмм	25
3.3. Тройные системы	30
4. Кинетика распада пересыщенного твердого раствора	33
4.1. Спинодальный распад.....	33
4.2. Рост зародышей в области метастабильности	37
4.3. Кинетика фазового перехода в метастабильной области	40
5. Дефекты кристаллов. Механизмы диффузии	45
5.1. Дефекты в твердом теле.....	45
5.2. Механизмы диффузии.....	48
6. Взаимодействие дефектов	51
6.1. Взаимодействие дефектов различных типов	51
6.2. Элементы радиационной кинетики точечных дефектов.....	52
6.3. Газовая пористость.....	53
7. Формирование диффузионной зоны	58
7.1. Взаимная диффузия в твердых телах. Феноменологическое описание.....	58
7.2. Взаимная диффузия в твердых телах. Микроскопический механизм	60
7.3. Формирование диффузионной зоны бинарной системы	62
7.4. Задача о росте слоя интерметаллида	65
7.5. Формирование эвтектического слоя с учетом выдавливания расплава.....	66

7.6. Влияние граничной кинетики	68
7.7. Автомодельное решение задачи о движении границы диффузионной зоны	71
8. Кристаллизация сплавов	73
8.1. Роль граничной кинетики при кристаллизации расплава	73
8.2 Устойчивость фронта направленной кристаллизации	76
8.3. Массоперенос по двухфазной (дендритной) области	83
Заключение	87
Литература.....	87