

УДК 620.22
ББК 30.3
С21

С21 Эдриан Саттон

Материаловедение: 10 главных идей / пер. с англ. к. ф.-м. н. П. В. Михеева. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 196 с.: ил.

ISBN 978-5-93700-138-2

В книге описываются концепции, которые, по мнению автора, занимают центральное место в науке о материалах. Адриан Саттон, почетный профессор Имперского колледжа Лондона, показывает развитие научного подхода в материаловедении от классической термодинамики XVIII века к наноструктурам, метаматериалам и активной материи XXI века. На простых моделях объясняются причины стабильности материала, особенности фазовых переходов, влияние дефектов структуры и их виды. Просто и доходчиво раскрывается роль квантовой механики в науке о материалах. Читатель узнает о практических направлениях работы ученых по созданию материалов, которые не существуют в естественных условиях, метаматериалов и о том, какую роль играет материаловедение применительно к живой материи.

Для изучения ряда тем понадобится знание физики, химии и математики на школьном уровне. Книга может использоваться для углубленной подготовки магистров и бакалавров естественно-научных специальностей.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-0-19284-683-9 (англ.)
ISBN 978-5-93700-138-2 (рус.)

© Adrian P. Sutton, 2021
© Оформление, перевод на русский язык, издание,
ДМК Пресс, 2022

Оглавление

Предисловие от издательства	9
Об авторе	10
Предисловие.....	11
Глава 1. Когда материал стабилен?.....	14
1.1. Концепция.....	14
1.2. Введение	14
1.3. Определения	16
1.4. Первый закон термодинамики.....	18
1.5. Второй закон термодинамики.....	20
1.5.1. Необратимость и производство энтропии.....	20
1.5.2. Энтропия с точки зрения микросостояний	25
1.5.3. Конфигурационная энтропия	27
1.5.4. Резюме раздела 1.5	30
1.6. Закрытые системы и тепловые резервуары	30
1.7. Свободная энергия Гельмгольца.....	32
1.8. Свободная энергия Гиббса	33
1.9. Химические потенциалы	34
1.10. Уравнение Гиббса–Дюгема	36
1.11. Правило фаз Гиббса	37
1.12. Заключительные замечания	38
Дополнительная литература	39
Глава 2. Фазовые диаграммы	40
2.1. Введение	40
2.2. Свободная энергия – кривые состава	43
2.3. От свободной энергии – кривые состава – до состояния равновесия.....	45
2.4. Фазовая диаграмма для полной смешиваемости	48
2.5. Фазовые диаграммы для ограниченной растворимости в твердом состоянии	50
2.5.1. Эвтектические фазовые диаграммы	50
2.5.2. Схема перитектических фаз.....	51
2.6. Заключительные замечания	53
Дополнительная литература	53
Глава 3. Непрерывное движение	54
3.1. Концепция.....	54
3.2. Доказательства непрерывного движения.....	54
3.3. Колебания и термически активируемые процессы	55
3.4. Броуновское движение.....	58
3.5. Теорема флуктуации-диссипации.....	60

3.6. Некоторые другие проявления непрерывного атомного движения в материалах	64
Дополнительная литература	67
Глава 4. Дефекты.....	68
4.1. Концепция.....	68
4.2. Изменение в материалах	68
4.3. Точечные дефекты	70
4.4. Дислокации	76
4.5. Границы зерен	82
Дополнительная литература	84
Глава 5. Симметрия.....	85
5.1. Концепция.....	85
5.2. Введение	85
5.3. Законы сохранения	88
5.4. Физические свойства кристаллов	89
5.5. Топологические дефекты.....	92
5.6. Квазикристаллы.....	96
Дополнительная литература	101
Глава 6. Квантовое поведение.....	102
6.1. Концепция.....	102
6.2. Размер и идентичность атомов.....	102
6.3. Эксперимент с двойной щелью.....	104
6.4. Одинаковые частицы, принцип исключения Паули.....	110
6.5. Последствия принципа исключения Паули.....	112
6.6. Туннелирование	118
6.7. Термические свойства твердых веществ.....	118
6.8. Квантовая диффузия	121
6.9. Заключительные замечания	123
Дополнительная литература	124
Глава 7. Особенности малого.....	125
7.1. Концепция	125
7.2. Введение	125
7.3. Квантовые точки.....	128
7.4. Катализ	132
7.5. Гигантское магнетосопротивление	132
7.5.1. Происхождение магнетизма	132
7.5.2. Магнетосопротивление в ферромагнитных металлах	137
7.5.3. Гигантский магниторезистивный эффект	137
7.6. Заключительные замечания	141
Дополнительная литература	142

Глава 8. Коллективное поведение	143
8.1. Концепция.....	143
8.2. Отличается от всего.....	143
8.3. Три примера процессов, включающих несколько масштабов длин.....	146
8.3.1. Электронная проводимость	146
8.3.2. Пластичность.....	149
8.3.3. Трещина.....	150
Дополнительная литература	153
Глава 9. Спроектированные материалы.....	154
9.1. Концепция.....	154
9.2. Введение	154
9.3. Микроструктура.....	156
9.4. Пример замены «никеля»	158
9.5. Самосборка	159
9.5.1. Плот из пузырей	160
9.5.2. Фотонные кристаллы.....	161
9.5.3. Квантовые точки.....	162
9.6. Умные материалы	166
9.6.1. Самовосстанавливающиеся материалы.....	168
9.6.2. Самоочищающееся стекло	168
9.7. Заключительные замечания	169
Дополнительная литература	169
Глава 10. Метаматериалы.....	170
10.1. Концепция.....	170
10.2. Введение.....	170
10.3. Пример: метаматериал для упругих волн	172
10.4. Электромагнитные метаматериалы и отрицательное преломление	175
10.5. Плащи невидимости	180
10.6. Заключительные замечания	182
Дополнительная литература	183
Глава 11. Биологическое вещество как материал.....	184
11.1. Концепция.....	184
11.2. Что такое жизнь?	184
11.3. Активное вещество.....	187
11.4. Синтетическая биология.....	191
11.5. Заключительные замечания	192
Дополнительная литература	193
Предметный указатель	194