

Витязь, П. А. Наноматериаловедение: учеб. пособие / П. А. Витязь, Н. А. Свидунович, Д. В. Куис. — Минск: Высшая школа, 2015. — 511 с. — Библиогр.: с. 503-508.

УДК 621.793:546.26-162

ББК 30.3я73

**АБ №1** — 7 экз.

**Ч/31** — 3 экз.

Освещены проблемы современного материаловедения. Показано, что в настоящее время наноматериаловедение наиболее перспективная область. Исследования и разработки по наноматериалам и нанотехнологиям являются стратегически важными. С ними связана новая научно-техническая революция нанореволюция.

Представлены процессы, проходящие на атомно-молекулярном уровне. Их изучение открывает новые перспективы развития для всех отраслей народного хозяйства, в том числе машиностроительной, медицинской, пищевой, парфюмерной, электронной промышленности и др.

Для студентов технических специальностей учреждений высшего образования. Будет полезно инженерам различного профиля.

П.А. Витязь  
Н.А. Свидунович  
Д.В. Куис

# Наноматериаловедение

*Допущено  
Министерством образования  
Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия  
для студентов учреждений  
высшего образования  
по техническим специальностям*



Минск  
«Вышэйшая школа»

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	7
<b>Глава 1. Наноматериалы: размерность, история, определения</b> .....	<b>17</b>
1.1. Размерность: нанообъекты, нанонаука и нанотехника .....	17
1.2. Наноразмерный фактор в материаловедении .....	26
1.3. Фундаментальные науки и нанонаука .....	38
1.4. Специфика наноматериалов и нанотехнологий .....	51
1.5. История и прогноз развития наноматериалов .....	67
<b>Глава 2. Нанокластеры и наноструктуры</b> .....	<b>78</b>
2.1. Нанокластеры .....	78
2.1.1. Классическая теория зародышеобразования .....	78
2.1.2. Методы синтеза кластеров .....	84
2.1.3. Структура и свойства кластеров .....	87
2.1.4. «Магические» числа .....	89
2.1.5. Теоретическая модель кластера .....	93
2.2. Наноструктуры .....	100
2.2.1. Классификация наноструктур .....	100
2.2.2. Материалы одномерных наноструктур .....	100
2.2.3. Углеродные нанотрубки и фуллерены .....	105
2.2.4. Неорганические тубулярные структуры .....	116
2.2.5. Двумерные и трехмерные наноструктуры .....	120
<b>Глава 3. Методы исследования наноматериалов</b> .....	<b>125</b>
3.1. Сканирующая зондовая микроскопия .....	125
3.1.1. Сканирующая туннельная микроскопия .....	127
3.1.2. Атомно-силовая микроскопия .....	128
3.2. Автоионная микроскопия .....	135
3.3. Методы электронной микроскопии .....	136
3.3.1. Возможности электронной микроскопии .....	140
3.4. Спектроскопические методы .....	145
3.4.1. Ядерный магнитный резонанс .....	147
3.4.2. Электронный парамагнитный резонанс .....	149
3.4.3. ИК- и КР-спектроскопии .....	152
3.4.4. Рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопии .....	161
3.4.5. Мессбауэровская спектроскопия .....	166
3.5. Дифракционные методы исследования .....	167

<b>Глава 4. Конструкционные нанокристаллические материалы</b>	170
4.1. Наночастицы и нанопорошки	170
4.2. Тонкопленочные структуры	176
4.3. Конструкционные материалы	180
4.4. Нанокристаллические материалы	188
4.5. Наноконпозиционные материалы	194
4.6. Функциональные материалы	199
4.7. Физико-механические свойства наноматериалов	211
<b>Глава 5. Материалы для нанoeлектроники</b>	218
5.1. Закон Мура и основные функции нанoeлектроники	218
5.2. Совершенствование традиционной «кремниевой» электроники	227
5.2.1. Нанолитография	230
5.2.2. Основные компоненты микросхем	237
5.2.3. Логические и запоминающие ячейки	241
5.2.4. Системы долговременной памяти	248
5.2.5. Микроэлектроника «рядом с кремнием»	258
5.2.6. Электроника «без кремния»	262
5.2.7. Квантовые устройства и молекулярная электроника	267
<b>Глава 6. Наноматериалы для приборов, машин и аппаратов</b>	280
6.1. Наномеханика	281
6.2. Гидродинамика наножидкостей	283
6.3. Нанотрибология	286
6.4. Производство микро- и наноприборов	291
6.5. Сенсоры	294
6.6. Актуаторы, манипуляторы, двигатели	304
6.7. Интегрированные системы	314
6.8. Наноматериалы в аэрокосмической отрасли	322
<b>Глава 7. Наноматериалы для медицины и биотехнологий</b>	328
7.1. Нанобиотехнологии	329
7.1.1. Самосборка, самоорганизация, гeнная инженерия	339
7.1.2. Искусственные мембраны, наноконтейнеры, нанореакторы, мицеллы	344
7.1.3. Будущее нанобиотехнологий	348
7.2. Наномедицина	351
7.2.1. Нанолeкарства и их адресная доставка	353
7.2.2. Другие аспекты наномедицины	357
7.3. Нанотехнологии и защита окружающей среды	364

<b>Глава 8. Атомная и глобальная энергетика – энергетика будущего</b> .....	371
8.1. Общие проблемы энергетики и нанотехнологии .....	371
8.2. Перспективы использования наноматериалов и нанотехнологий	378
8.3. Наноструктурные материалы в ядерной энергетике .....	383
8.4. Наноматериалы в водородной энергетике .....	415
<b>Глава 9. Реализованные и перспективные наноматериалы</b>	422
9.1. Строительное наноматериаловедение .....	422
9.2. Наноматериалы в агропромышленном комплексе .....	432
9.3. Военные приложения наноматериалов .....	453
9.4. Применение наноматериалов .....	465
9.5. Нанопродукты .....	472
9.5.1. Возможности для машиностроения .....	473
9.5.2. Нанопродукты в других областях .....	481
9.6. Нанотоксикология .....	489
<b>Заключение</b> .....	499
<b>Литература</b> .....	503