

УДК 53 Печатается по решению редакционно-издательского со-
ББК 22.3 вета ГОУ ВПО «Шуйский государственный педагогиче-
Ф 50 ский университет»

Рецензент: М.С. Красин, кандидат педагогических наук, доцент кафедры об-
щей физики ГОУ ВПО «Калужский государственный педа-
гогический университет им. К.Э. Циолковского»

Составитель: А.А. Пронин, кандидат педагогических наук, доцент кафедры
физики и методики обучения ГОУ ВПО «ШГПУ»

Ф 50 Физические основы нанотехнологий: учебно-методические мате-
риалы / сост. А.А. Пронин; Федеральное агентство по образова-
нию, ГОУ ВПО «ШГПУ». – Шуя: Издательство ГОУ ВПО
«ШГПУ», 2009. – 112 с.

Учебно-методические материалы предназначены для студентов педагоги-
ческих вузов физических специальностей знакомящихся с научными основами
нанотехнологий.

В работе представлен материал, раскрывающий физические основы нано-
технологий: рассмотрена классификации наноматериалов, физические свойства
наиболее изученных наноматериалов, физические основы электронной микроско-
пии и принципы работы зондовых атомно-силовых микроскопов.

© ГОУ ВПО «ШГПУ», 2009

© Пронин А.А., 2009

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	3
	ГЛАВА 1. НАНОМАТЕРИАЛЫ	5
§1.1.	Классификация наноматериалов	5
	Вопросы для самопроверки.....	8
§1.2.	Основные группы наноматериалов и их характеристики	8
1.2.1.	Нанодисперсии.....	8
1.2.2.	Нанопористые структуры.....	9
1.2.3.	Наноструктурированные поверхности.....	10
1.2.4.	Наночастицы и нанокластеры.....	12
1.2.5.	Нанокристаллические материалы.....	15
1.2.6.	Дендримеры.....	16
	Вопросы для самопроверки.....	17
§1.3.	Углеродные наноматериалы	18
1.3.1.	Фуллерены.....	18
1.3.2.	Углеродные нанотрубки.....	21
1.3.3.	Углеситаллы.....	24
	Вопросы для самопроверки.....	25
§1.4.	Физические свойства наноматериалов	25
1.4.1.	Основные физические причины, влияющие на свойства наноматериалов.....	25
1.4.2.	Механические свойства наноматериалов.....	29
1.4.3.	Тепловые свойства наноматериалов.....	32
1.4.4.	Электрические свойства наноматериалов.....	34
1.4.5.	Оптические свойства наноматериалов.....	37
	Вопросы для самопроверки.....	39
	ГЛАВА 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	41
§2.1.	Основы электронной оптики	41
2.1.1.	Электростатические линзы.....	43
2.1.2.	Магнитные линзы.....	49
2.1.3.	Принцип управления потоком электронов при помощи электростатических и магнитных линз.....	53
	Вопросы для самопроверки.....	54
§2.2.	Просвечивающий электронный микроскоп	54
2.2.1.	Устройство и принцип работы просвечивающего электронного микроскопа.....	55
2.2.2.	Режимы работы просвечивающего электронного микроскопа.....	58
	Вопросы для самопроверки.....	63
§2.3.	Растровый электронный микроскоп	63

2.3.1.	Физические основы электронно-оптических методов исследования наноразмерных объектов в растровых сканирующих микроскопах.....	63
2.3.2.	Устройство и принцип работы растрового электронного микроскопа.....	67
§2.4.	Ионный микроскоп.....	72
§2.5.	Недостатки электронной микроскопии.....	73
	Вопросы для самопроверки.....	77
	ГЛАВА 3. ЗОНДОВАЯ И АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ.....	78
	
§3.1.	Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.....	78
3.1.1.	Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.....	78
3.1.2.	Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.....	83
3.1.3.	Режимы работы СТМ.....	90
	Вопросы для самопроверки.....	92
§3.2.	Атомно-силовая микроскопия.....	93
3.2.1	Принцип работы атомно-силового микроскопа.....	93
3.2.2.	Контактная атомно-силовая микроскопия.....	96
3.2.3.	Колебательные методики АСМ.....	98
3.2.4.	Наномодификация поверхности с помощью СЗМ.....	100
3.2.5.	Ближнепольная оптическая микроскопия.....	101
	Вопросы для самопроверки.....	104
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Основные способы получения наноматериалов.....	105
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Некоторые российские производители наноматериалов.....	106
	Примерная тематика семинарских и практических занятий.....	107
	Примерная тематика рефератов.....	108
	ЛИТЕРАТУРА.....	109