

№ 2142

Э.Л. Дзидзигури  
Е.Н. Сидорова

# **Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии**

Нанотехнологии

Учебное пособие

**№ 2142**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра функциональных наносистем  
и высокотемпературных материалов

Э.Л. Дзидзигури  
Е.Н. Сидорова

# **Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии**

Нанотехнологии

Учебное пособие

Рекомендовано редакционно-издательским  
советом университета



Москва 2012

УДК 620.22-022.532  
Д43

Рецензент  
канд. физ.-мат. наук, проф. *Ю.С. Осипов*

**Дзидзигури, Э.Л.**

Д43      Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : нанотехнологии : учеб. пособие / Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. – 71 с.  
ISBN 978-5-87623-605-0

В учебном пособии рассмотрены вопросы терминологии в области нанотехнологий, проанализирована взаимосвязь размерных эффектов и области применимости нанотехнологий, описаны основные группы нанотехнологий, дана характеристика ряда новых, промышленно освоенных нанотехнологий.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 210602 «Наноматериалы», 210100 «Электроника и наноэлектроника», а также для студентов других направлений, преподавателей, аспирантов и слушателей курсов повышения квалификации.

**УДК 620.22-022.532**

**ISBN 978-5-87623-605-0**

© Дзидзигури Э.Л.,  
Сидорова Е.Н., 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Вопросы терминологии.....	6
2. Принципиальные возможности и ограничения нанотехнологий.....	14
3. Нанотехнологии материалов и изделий .....	23
3.1. Технологии получения наноматериалов .....	23
3.2. Технологии наноструктур.....	26
3.2.1. Атомная сборка.....	27
3.2.2. «Самопроцессы» .....	33
3.2.3. Модернизированные технологии .....	42
4. Нанотехнологии в России .....	47
4.1. Производство наноразмерного рения .....	48
4.2. Нанопокрyтия на тканях.....	55
4.3. Нанопозиционер .....	63
Библиографический список .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к нанотехнологиям каждый человек чувствует по публикациям в средствах массовой информации, в Интернете, в популярной и научной литературе. Рядом достижений нанотехнологий мы пользуемся уже сегодня: нанопористые фильтры, катализаторы, наноэлектроника, присадки в топливо и многое другое. Так или иначе, нанотехнологии входят в нашу жизнь. Но само применение наноматериалов в практических целях не является чем-то принципиально новым или необычным.

Наверное, первыми нанотехнологами можно считать древних римлян. Добавляя золото к шихте из песка и золы, они получали красное стекло. Как мы теперь знаем, своим цветом оно обязано наночастицам золота. В XVII в. был разработан рецепт кассиева пурпура, названного по имени Андреаса Кассия, стекловара из Гамбурга. Кассиев пурпур – минеральная краска, которая готовится смешением на холоде раствора хлорного золота с раствором хлористого олова и нашатыря. Кассиев пурпур, введённый в расплавленную стеклянную массу, даёт великолепно окрашенное рубиновое стекло. Стекла красного цвета в витражах средневековых церквей – продукт данной нанотехнологии.

Начиная с XVIII в. появляются описания отдельных исследований, представляющих интерес с точки зрения современных нанотехнологий. К ним относят работы М.В. Ломоносова по получению цветных стёкол с применением дисперсии металлов (1745–1755). Д.И. Менделеев в «Основах химии» упоминает коллоидные растворы золота синего, фиолетового и красного цвета. А первым, кто связал изменение цвета стёкол с размером частиц вводимого золота, стал в 1847 г. М. Фарадей. Изучая оптические свойства полученных растворов, учёный пришёл к выводу, что золото в них содержится в виде очень маленьких частиц.

Как теперь известно, если любое твердое вещество измельчить до нанометровых размеров, его свойства станут сильно отличаться от свойств более крупных частиц. В частности, твёрдому золоту обычно присущ характерный желтый цвет. Однако в коллоидном растворе золотые частицы размером чуть больше 30...40 нм имеют пурпурный цвет, размером 10...20 нм – рубиновый, менее 10 нм – ярко-оранжевый. В лондонском музее Королевского института и сегодня можно увидеть две колбы с красным коллоидным раствором золота,

полученным самим Фарадеем. Исходя из современных знаний, можно заключить, что этот раствор содержит частицы золота размером 20 нм.

Уровень развития производства нанометровых материалов и изделий на сегодняшний день явно отстаёт от функциональных возможностей нанотехнологий. При этом их полноценная разработка и внедрение сулят нам многообещающие перспективы. Строго говоря, новые потенциальные возможности нанотехнологий и их продукции для промышленности и общества гораздо выше, нежели мы пользуемся ими в настоящее время.

В пособии подробно рассмотрены вопросы терминологии в области нанотехнологий, проанализирована взаимосвязь размерных эффектов и области применимости нанотехнологий, описаны основные группы нанотехнологий, дана характеристика ряда новых, промышленно освоенных нанотехнологий.

Предполагается, что читатель знаком с физическими и физико-химическими дисциплинами, современными методами исследования и др. Тем не менее при рассмотрении ряда вопросов в порядке напоминания будут приведены определения и общая характеристика некоторых понятий.

Авторы выражают благодарность за содействие в подготовке учебного пособия начальнику лаборатории разделения изотопов НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» Костылеву А.И., заведующему лабораторией ионно-плазменных процессов Ивановского государственного химико-технологического университета Горбергу Б.Л., с.н.с. НИТУ «МИСиС» Горчакову Ю.А.

## ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ

Что же надо понимать под термином «нанотехнологии»?

При попытке сформулировать определение этого понятия возникает несколько вопросов, обсуждение которых позволит глубже разобраться в сути данного явления.

Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что термин «нанотехнологии», как правило, используется во множественном числе. Это не совпадает с традиционными наименованиями областей науки и техники. Например, в науке используются такие названия, как археология, баллистика, история, материаловедение, педагогика, социология. Или в технике – автоматика, горное дело, металлургия, стандартизация, транспорт, электротехника. Каждая из этих областей человеческих знаний и умений изучает множество самых разнообразных процессов, но, тем не менее, представляет собой одну науку, одну область исследований и разработок. В единственном числе.

В самом деле, термин «микрoeлектроника» в технике означает создание приборов, работающих в масштабе микрометров. Но, самое главное, их принцип действия основан на определённых видах взаимодействия заряженных частиц с электромагнитными полями. И основы этого взаимодействия описываются совершенно определённой группой законов физики твёрдого тела.

Или микробиология – наука о живых организмах, не видимых невооруженным глазом: бактериях, архибактериях, микроскопических грибах и водорослях, часто этот список продлевается простейшими и вирусами. В данной области знаний изучаются именно биологические объекты определённых размеров, которые функционируют может быть по разнообразным, но всё-таки биологическим законам.

Ещё пример. Ядерная физика – раздел физики, изучающий структуру и свойства атомных ядер, а также их взаимодействие (ядерные реакции). И в данном случае объект исследования чётко очерчен – атомное ядро. Но главным в предмете науки являются те физические законы, которые определяют существование и взаимодействие атомных ядер.

К нанотехнологиям, напротив, относят производство самых разнообразных устройств, при этом используются сведения из самых разных областей знаний. Объединяет все объекты нанотехнологий только одно – их размер. Это могут быть нанометровые устройства,