

# Программа учебного курса «ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ»

Авторы: В. В. Светухин, И. О. Явтушенко

## Пояснительная записка

Элективный курс «Основы нанотехнологий» предназначен для учащихся старшей школы, выбравших естественно-научный, физико-математический, физико-химический профиль или проявивших повышенный интерес к изучению физики. Курс рассчитан на 35 часов (1 час в неделю). Курс представляет собой блочную систему, в которую входят обязательные блоки и блоки по выбору учителя. Обязательными начальными блоками являются «Наноматериалы и технологии их получения», «Инструменты нанотехнологий», «Нанокластеры, квантовые точки», «Нанотехнологии вокруг нас: реальность и перспективы». Независимыми являются блоки «Углеродные наноструктуры», «Наноэлектроника», «Микроэлектромеханические системы», «Фотонные кристаллы — оптические сверхрешётки».

Построение материала в учебном пособии рассчитано на опережающее развитие: вводятся термины и понятия, незнакомые учащимся из курса физики, однако понятные на ассоциативном и интуитивном уровнях. В качестве базовых принципов преподавания элективного курса «Основы нанотехнологий» могут быть рекомендованы следующие:

- многоуровневость изложения знаний о квантовых эффектах в нанотехнологиях в качестве теоретического обоснования;
- структурно-функциональный подход к изучению наноматериалов и наноструктур;
- междисциплинарный характер всестороннего освещения технологий «снизу вверх» и «сверху вниз», предполагающий использование достижений физики, химии, электроники и других наук;
- определение ближайших и отдалённых перспектив развития нанотехнологий;
- освещение прикладного значения нанотехнологий для промышленности, медицины и общества в целом.

**Общая характеристика курса.** В предлагаемом элективном курсе изложены физико-химические основы нанотехнологии. Особое внимание уделено размерным эффектам различной природы и путям их практического использования в различных наноструктурах и изделиях. Рассмотрены

ны современные методы получения, исследования и определения свойств наноматериалов. Систематизированы и описаны основные направления развития нанотехнологий и нанотехники.

**Цель курса.** Цель модуля «Физика» в рамках курса «Введение в нанотехнологии» состоит в том, чтобы дать основные понятия, используемые в области квантовой физики, а также познакомить с современными достижениями нанотехнологий в области измерений, материаловедения, приборостроения и практических приложений.

**Задачи курса:**

- формирование у учащихся представлений об основах квантовых эффектов, широко используемых в нанотехнологиях;
- формирование у учащихся общего представления о нанотехнологии как особой отрасли науки и производства;
- знакомство учащихся с основными направлениями и методами исследований в области нанотехнологий;
- формирование представления о практическом значении разрабатываемых нанотехнологий для электроники, оптоэлектроники, компьютерной техники, военного дела и т. д.;
- знакомство учащихся с перспективами развития нанотехнологий и пробуждение у них интереса к приложению собственных усилий в области нанотехнологий.

**Основные идеи курса:**

- знакомство с быстроразвивающейся сферой деятельности человека;
- взаимосвязь науки и практики;
- практическое применение полученных знаний;
- межпредметная интеграция.

**Учебно-методическое обеспечение курса** включает в себя учебное пособие для учащихся и программу элективного курса. Учебное пособие для учащихся обеспечивает содержательную часть курса. Содержание пособия разбито на параграфы, включает дидактический материал (вопросы, упражнения, задачи, домашний эксперимент), практические работы.

Использование в учебном процессе практических работ способствует обобщению учебного материала, расширяет возможности индивидуального и дифференцированного подходов к обучению, повышает творческую активность школьников, расширяет их кругозор. Включение таких работ в элективный курс демонстрирует учащимся исследовательский подход к их выполнению, помогает в овладении доступными для учащихся научными методами исследования, формирует и развивает твор-

ческое мышление, повышает интерес к познанию химических явлений и их закономерностей. Предлагаемые практические работы включают определение не только качественных, но и количественных характеристик процессов. Систематическое выполнение экспериментальных задач по количественной характеристике процессов развивает у учащихся аккуратность, вырабатывает навыки точности при оценке результатов эксперимента.

Каждая практическая работа включает краткие теоретические сведения и экспериментальную часть. Работы проводятся в группах по 3—4 человека. Выполнение исследований требует предварительной подготовки: перед проведением эксперимента учитель работает отдельно с каждой группой учащихся.

Элективный курс допускает использование (по усмотрению учителя) любых современных образовательных технологий, различных организационных форм обучения: лекций, семинаров, бесед, практических и лабораторных работ, исследовательских работ, конференций.

В качестве основной организационной формы проведения занятий предлагается лекционно-семинарское занятие, на котором даётся объяснение теоретического материала и решаются задачи по данной теме.

**Исходный уровень знаний.** Для усвоения содержания элективного курса «Основы нанотехнологий» необходимо знание ряда вопросов из курса общей физики средней общеобразовательной школы:

- представление о явлениях интерференции и дифракции света;
- понимание на качественном уровне явления дисперсии света;
- общие представления о строении атома и молекул;
- знание законов электричества и магнетизма;
- начальное понимание процессов намагниченности и поляризации на атомном и молекулярном уровнях;
- знание первого и второго законов термодинамики.

**Формами контроля над усвоением материала** могут служить отчёты по практическим работам, самостоятельные творческие работы, тесты, итоговые учебно-исследовательские проекты. Итоговое занятие проходит в виде научно-практической конференции или круглого стола, где заслушиваются доклады учащихся по выбранной теме исследования, которые могут быть представлены в форме реферата или отчёта по исследовательской работе.

# Содержание курса

## **Тема 1. Наноматериалы и технологии их получения (4/8 ч)**

Классификация наноматериалов; наночастицы; нанопористые структуры; нанотрубки; нанодисперсии; наноструктурированные поверхности и плёнки; нанокристаллические материалы; технологии получения наноматериалов «сверху вниз» и «снизу вверх»; самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях.

*Практическая работа № 1. «Получение наножидкостей».*

## **Тема 2. Инструменты нанотехнологий (6/12 ч)**

Предел разрешения оптического микроскопа. Критерий Рэлея. Дуализм «волна — частица». Физические предпосылки к созданию электронного микроскопа. Принцип действия магнитной линзы. Устройство электронного просвечивающего микроскопа. Устройство электронного сканирующего микроскопа. Полевой ионный микроскоп: физические принципы, преимущества и недостатки. Безлинзовый полевой ионный микроскоп — ионный проектор. Измерение туннельного тока как принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Работа СТМ в режиме постоянной высоты и в режиме постоянного тока. Работа атомно-силового микроскопа. Силы взаимодействия зонда с поверхностью в АСМ. Режимы работы АСМ.

*Практическая работа № 2. «Анализ наноразмерных поверхностных структур на основе АСМ».*

*Практическая работа № 3. «Анализ наноразмерных объектов, полученных методом электронной микроскопии».*

## **Тема 3. Нанокластеры, квантовые точки (4/6 ч)**

Обратимые и необратимые химические реакции. Виды химического равновесия. Закон действующих масс. Константа равновесия. Влияние различных факторов на состояние равновесия.

*Практическая работа № 4. «Анализ магнитных нанокластеров».*

## **Тема 4. Нанотехнологии вокруг нас: реальность и перспективы (6/14 ч)**

Нанопокртия. Катализаторы и фильтры. Нанотехнологии в медицине. Нанотехнологии в парфюмерии и пищевой промышленности. Нанотехнологии, используемые при производстве спортивных товаров, одежды и обуви. Нанотехнологии в военном деле.

*Практическая работа № 5. «Гидрофобные и гидрофильные поверхностные структуры».*

### **Тема 5. Углеродные наноструктуры (4/8 ч)**

Структуры на основе углерода. Получение углеродных наноструктур. Механические свойства углеродных наноструктур. Химические свойства углеродных нанотрубок. Электрические свойства углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок.

*Практическая работа № 6. «Анализ СЭМ изображений углеродных нанотрубок».*

### **Тема 6. Фотонные кристаллы — оптические сверхрешётки (3/8 ч)**

Сверхрешётки. Дифракция на одномерной, двумерной, трёхмерной сверхрешётке. Зонная теория. Фотонная запрещённая зона. Получение фотонных кристаллов. Применения фотонных кристаллов. Фотонные кристаллы в природе.

*Практическая работа № 7. «Изучение особенностей строения фотонных кристаллов методом АСМ».*

### **Тема 7. Нанoeлектроника (3/8 ч)**

Закон Мура. Одноэлектронный транзистор. Туннельный диод. Нанокomпьютеры. Квантовые компьютеры. Светодиоды. Лазеры.

### **Тема 8. Микроэлектромеханические структуры (2/4 ч)**

Понятие о микроэлектромеханических системах. Элементы микроэлектромеханических систем. Основные принципы работы микроэлектромеханических структур. Особенности и перспективы применения.

### **Тема 9. Научно-практическая конференция (1/1 ч)**

Защита рефератов, практических работ исследовательского характера. Подведение итогов (круглый стол).

## **Тематическое планирование**

*Курс рассчитан на 35/70 ч (1 или 2 ч в неделю). Итоговое занятие проходит в форме научно-практической конференции. Предлагаемое планирование является примерным: учитель может корректировать содержание уроков и распределение часов на изучение материала в соответствии с уровнем подготовки обучающихся и сферой их интересов.*

Тема	Основное содержание	Количество часов	
		35	70
<b>БЛОКИ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ</b>			
<b>Тема 1. Наноматериалы и технологии их получения (4/8 ч)</b>			
Классификация наноматериалов и их свойства	Классификация наноматериалов; наночастицы, особые свойства нанобъектов	1	2
Наиболее интересные и перспективные материалы нанотехнологий	Нанопористые структуры; нанотрубки; нанодисперсии; наноструктурированные поверхности и плёнки; нанокристаллические материалы	1	2
Технологии получения наноматериалов	Технологии «сверху вниз» и «снизу вверх» получения наноматериалов; самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях	1	2
<i>Практическая работа № 1. «Получение наножидкостей»</i>	Опыт. Создание коллоидных растворов на основе наноразмерного наполнителя. Анализ свойств полученных образцов. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2
<b>Тема 2. Инструменты нанотехнологий (6/12 ч)</b>			
Электронная микроскопия	Предел разрешения оптического микроскопа. Критерий Рэля. Дуализм «волна — частица». Физические предпосылки к созданию электронного микроскопа. Принцип действия магнитной линзы. Устройство электронного просвечивающего микроскопа. Устройство электронного сканирующего микроскопа. Полевой ионный микроскоп: физические принципы, преимущества и недостатки. Безлинзовый полевой ионный микроскоп — ионный проектор	2	4

Тема	Основное содержание	Количество часов	
		35	70
Сканирующая зондовая микроскопия	Измерение туннельного тока как принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Работа СТМ в режиме постоянной высоты и в режиме постоянного тока. Работа атомно-силового микроскопа. Силы взаимодействия зонда с поверхностью в АСМ. Режимы работы АСМ	2	4
<i>Практическая работа № 2 «Анализ наноразмерных поверхностных структур на основе АСМ»</i>	Опыт. Изучение методов подготовки зонда АСМ-модуля, сканирования структурированных поверхностей металла. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2
<i>Практическая работа № 3 «Анализ наноразмерных объектов, полученных методом электронной микроскопии»</i>	Опыт. Анализ снимков образцов, полученных методами СЭМ. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2
<b>Тема 3. Нанокластеры, квантовые точки (4/6 ч)</b>			
Кластеры, особенности их свойств и методы их модификации	Кластеры и особенности их свойств. Методы получения кластеров, магические числа. Квантовые точки. Роль процессов самоорганизации	1	2
Области применения нанокластеров	Методы модификации свойств нанокластеров. Области применения нанокластеров	2	2
<i>Практическая работа № 4 «Анализ магнитных нанокластеров»</i>	Опыт. Анализ доменной структуры магнетика методами АСМ. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2

Тема	Основное содержание	Количество часов	
		35	70
<b>Тема 4. Нанотехнологии вокруг нас: реальность и перспективы (6/14 ч)</b>			
Нанотехнологии вокруг нас: реальность и перспективы	Нанопокрытия. Катализаторы и фильтры. Нанотехнологии в медицине. Нанотехнологии в парфюмерии и пищевой промышленности. Нанотехнологии, используемые при производстве спортивных товаров, одежды и обуви. Нанотехнологии в военном деле	2	4
Перспективы нанотехнологий	Перспективы развития нанотехнологий, новые материалы	2	4
<i>Практическая работа № 5 «Гидрофобные и гидрофильные поверхностные структуры»</i>	Проведение практической работы. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	4
Резервное время	Решение задач, подготовка к научно-практической конференции	1	2
<b>БЛОКИ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ</b>			
<b>Тема 5. Углеродные наноструктуры (4/8 ч)</b>			
Структуры на основе углерода и их получение	Структуры на основе углерода. Получение углеродных наноструктур	1	2
Свойства углеродных нанотрубок	Механические свойства углеродных наноструктур. Химические свойства углеродных нанотрубок. Электрические свойства углеродных нанотрубок	1	2
Применение углеродных нанотрубок	Применение углеродных нанотрубок в технологических циклах производства	1	2



Тема	Основное содержание	Количество часов	
		35	70
<i>Практическая работа № 6 «Анализ СЭМ изображений углеродных нанотрубок»</i>	Проведение практической работы. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2
<b>Тема 6. Фотонные кристаллы — оптические сверхрешётки (3/8 ч)</b>			
Фотонные кристаллы — оптические сверхрешётки	Сверхрешётки. Дифракция на одномерной, двумерной, трёхмерной сверхрешётке. Зонная теория. Фотонная запрещённая зона. Получение фотонных кристаллов	1	2
Применение фотонных кристаллов в технике и природе	Фотонные кристаллы в природе. Применение фотонных кристаллов	1	4
<i>Практическая работа № 7 «Изучение особенностей строения фотонных кристаллов методом АСМ»</i>	Проведение практической работы. Обработка полученных результатов и оформление отчёта	1	2
<b>Тема 7. Нанoeлектроника (3/8 ч)</b>			
Нанoeлектроника	Закон Мура. Одноэлектронный транзистор. Туннельный диод. Нанокomпьютеры	2	4
Квантовая оптоэлектроника	Квантовые компьютеры. Светодиоды. Лазеры	1	4
<b>Тема 8. Микроэлектромеханические структуры (2/4 ч)</b>			
Микроэлектромеханические структуры	Понятие о микроэлектромеханических системах. Элементы микроэлектромеханических систем	1	2

Тема	Основное содержание	Количество часов	
		35	70
Работа микроэлектромеханических структур	Основные принципы работы микроэлектромеханических структур. Особенности и перспективы применения	1	2
<b>Тема 9. Научно-практическая конференция (1/1 ч)</b>			
Резервное время		2	

## Планируемые результаты освоения курса

В результате изучения элективного курса на уровне среднего общего образования у учащихся будут сформированы следующие **предметные результаты**.

*Учащийся научится:*

- объяснять роль нанотехнологий в формировании научного мировоззрения;
- объяснять вклад физических теорий о наномире в формирование современной естественно-научной картины мира;
- понимать единство живой и неживой природы, родство живых организмов;
- понимать роль нанотехнологий в целом в жизнедеятельности человека в XXI в.;
- объяснять принципиальное влияние размеров наночастиц на их физические свойства;
- понимать перспективы так называемого молекулярного дизайна, включающего наноструктуры как неорганического, так и органического и биологического происхождения.

*Учащийся получит возможность научиться:*

- работать со средствами информации, в том числе компьютерными (уметь искать и отбирать информацию, систематизировать и корректировать её, составлять рефераты);
- готовить сообщения и доклады и выступать с ними;
- участвовать в дискуссиях;
- оформлять сообщения и доклады в письменном и электронном виде;
- подбирать к докладам, сообщениям, рефератам иллюстративный материал и корректировать его;

- использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для создания коммуникативной среды в диалогах и общении;
- использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для построения гипотезы по созданию моделей строения веществ;
- использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для нахождения практического применения основных явлений физики в жизни человека.

## **Средства обучения и воспитания**

- Компьютерный класс.
- Интерактивная доска.
- Интернет-ресурсы.
- Мультимедийный проектор.
- Видеофильмы.

### *Список литературы*

1. *Андриевский Р. А.* Наноматериалы: концепция и современные проблемы / Р. А. Андриевский // Российский химический журнал. — 2002. — Т. XLVI. — № 5. — С. 50–56.
2. *Антонов А. Р.* Нанотехнологии в медицине и биологии / А. Р. Антонов, Ю. И. Склянов // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины», 11–12 окт. 2007 г., СибГУ (режим доступа: <http://www.sibupk.nsk.su/new/05/sem/2007/1>).
3. *Асеев А. Л.* Наноматериалы и нанотехнологии / А. Л. Асеев // Нано- и микросистемная техника. — 2005. — № 3. — С. 2–9.
4. Белая книга по нанотехнологиям / под ред. В. И. Аржанцева и др. — М.: ЛКИ, 2008.
5. *Болталина О. В.* Прямое фторирование фуллеренов / О. В. Болтали-на, Н. А. Галева // Успехи химии. — 2000. — Т. 69. — № 7. — С. 661–674.
6. *Глезер А. М.* Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы / А. М. Глезер // Российский химический журнал (Журнал Рос. хим. общ-ва им. Д. И. Менделеева). — 2002. — Т. XLVI. — № 5. — С. 57–63.
7. *Гольдт И.* Фуллерены. [Электронный ресурс]: <http://www.nanometer.ru>.
8. *Губин С. П.* Химия кластеров. Основы классификации и строения / С. П. Губин. — М.: Наука, 1987.

9. Губин С. П. Что такое наночастица? Тенденции развития нанохимии и нанотехнологии / С. П. Губин // Российский химический журнал. — 2000. — Ч. 2. — № 6. — С. 23–30.
10. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства / С. П. Губин, Ю. А. Кокшаров, Г. Б. Хомутов, Г. Ю. Юрков // Успехи химии. — 2005. — Т. 74. — № 6. — С. 539–574.
11. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. — М.: Физматлит, 2000.
12. Дубяга В. П. Нанотехнологии и мембраны (обзор) / В. П. Дубяга, И. Б. Бесфамильный // Критические технологии. Мембраны. — 1999. — № 1. — С. 11–16.
13. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки // Успехи физических наук. — 1997. — Т. 167. — № 9. — С. 945–961.
14. Иванов И. П. Углеродные нанотрубки: их свойства и применение. [Электронный ресурс]: <http://nature.web.ru>.
15. Ивановский А. Л. Моделирование нанотубулярных форм вещества / А. Л. Ивановский // Успехи химии. — 1999. — Т. 68. — № 2. — С. 119–135.
16. Лучин В. В. Введение в индустрию наносистем / В. В. Лучин // Нано- и микросистемная техника. — 2005. — № 5. — С. 2–10.
17. Марголин В. И. Физические основы микроэлектроники: учеб. для студ. вузов / В. И. Марголин. — М.: Издательский центр «Академия», 2008.
18. Мелихов И. В. Закономерности кристаллизации с образованием нанодисперсных твёрдых фаз / И. В. Мелихов // Неорганические материалы. — 2000. — Т. 36. — № 3. — С. 350–359.
19. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника: мировые достижения за 2005 год / под ред. П. П. Мальцева. — М.: Техносфера, 2006.
20. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. — М.: Физматлит, 2010.
21. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / под ред. М. К. Роко. — М.: Мир, 2002.
22. Петров Ю. И. Кластеры и малые частицы / Ю. И. Петров. — М.: Наука, 1986.
23. Помогайло А. Д. Наночастицы металлов в полимерах / А. Д. Помогайло, А. С. Розенберг, И. Е. Уфлянд. — М.: Химия, 2000.
24. Пустовалов В. К. Нанотехнологии: состояние, проблемы, перспективы. [Электронный ресурс]: <http://belisa.org.by.ru>.
25. Раков Э. Г. Химия и применение углеродных нанотрубок / Э. Г. Раков // Успехи химии. — 2001. — Т. 70. — С. 934–973.

26. *Рыбалкина М. А.* Нанотехнологии для всех / М. А. Рыбалкина. — М.: Nanotechnology News Network, 2005.
27. *Суздаев И. П.* Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. — М.: КомКнига, 2006.
28. *Суздаев И. П.* Нанокластеры и нанокластерные системы / И. П. Суздаев, П. И. Суздаев // Успехи химии. — 2001. — Т. 70. — №3. — С. 203–240.
29. *Хартманн У.* Очарование нанотехнологии / У. Хартманн. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
30. *Чвалун С. Н.* Полимерные нанокомпозиты. [Электронный ресурс]: <http://vivovoco.rsl.ru>.
31. *Шека Е. Ф.* Квантовая нанотехнология и квантовая химия / Е. Ф. Шека // Российский химический журнал (Журнал Рос. хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева). — 2002. — Т. XLVI. — № 5. — С. 15–21.
32. *Штыков С. Н.* Наноматериалы и нанотехнологии в химических и биохимических сенсорах, возможности и области применения / С. Н. Штыков, Т. Ю. Русанова // Российский химический журнал. — 2002. — Т. LI. — № 2.

