

УДК 378

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА СПЕЦКУРСА «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ»****¹Воронов В.К., ²Подоплелов А.В.***¹Иркутский государственный технический университет Минобрнауки России,
Иркутск, e-mail: voronov@istu.edu.ru;**²Международный томографический центр СО РАН, Новосибирск,
e-mail: podo5@hotmail.com*

Разработано учебно-методическое обеспечение специального курса «Физические основы новых композиционных материалов». Цель освоения содержания данного курса состоит в том, чтобы ознакомить студентов с физическими явлениями материального мира нано- и микромасштабов, лежащие в основе создания новых материалов и конструкций на их основе. Предметом изучения данного курса являются физические свойства и строение фуллеренов и углеродных нанотрубок, особенности электронного строения металлических нанокластеров, оптических метаматериалов, новые магнитные материалы, свойства которых определяются обменным взаимодействием гейзенберговского типа, материалы с памятью формы. Отдельный раздел отведен изучению аналитических методов, созданных за последние примерно десять – пятнадцать лет для исследования конденсированного состояния. Программой предусмотрены темы рефератов и разделов для самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: физика микро- и наномасштаба, композитные материалы**TRAINING PROGRAM OF THE SPECIAL COURSE «PHYSICAL BASES OF NEW
COMPOSITE MATERIALS»****¹Voronon V.K., ²Podoplelov A.V.***¹Irkutsk state technical university, the Ministry of Education and Science of the Russian Federation,
Irkutsk, e-mail: voronov@istu.edu.ru;**²International tomographic center, Siberian Branch, Russian Academy of Science, Novosibirsk,
e-mail: podo5@hotmail.com*

A training program of special course entitled «Physical bases new composite materials» has been developed. The course deals with the physical phenomena of a material world of nano- and the micro-scale. These phenomena constitute a basis for the creation of novel materials and constructions therefrom. The course is aimed at the study of physical properties and structure of fullerenes and carbon nanotubes, peculiarities of electronic structure of metal nanoclusters, optical metamaterials, new magnetic materials, the properties of are defined by the Heisenberg exchange interaction, materials with shape memory. Separate section of the course is devoted to investigations of analytical methods developed during last ten – fifteen used for the study of the condensed states. The program includes themes of papers for independent study of students

Keywords: physics of micro- and nanoscale, composite materials

Продолжая научно-методическую деятельность по введению новых достижений науки в учебный процесс высших учебных заведений [1-7], мы подготовили учебно-методическое обеспечение специального курса «Физические основы новых композиционных материалов». Цель освоения содержания данного курса состоит в том, чтобы ознакомить студентов с физическими явлениями материального мира нано- и микромасштабов, лежащие в основе создания новых материалов и конструкций на их основе. Задачи освоения дисциплины состоят в изучении: 1) основополагающих законов и явлений и процессов, относящиеся к физике микро- и наномира материальных тел; 2) структуры и свойств наноструктур, входящих в состав макрообразцов, в том числе локализованных у поверхности твердых тел; 3) физической природы связи «физические свойства материал – технология про-

изводства изделий». Курс подготовлен на основании материала, отобранного из обзорных публикаций журнала «Успехи физических наук». Список использованных для этого обзорных статей можно найти в соответствующих разделах изданных нами ранее книг [4-7]. При этом сделан акцент на публикации последних примерно десяти – пятнадцати лет.

Спецкурс предназначен для студентов старших курсов высших технических учебных заведений, обучающихся по направлениям, готовящим инженерно-технических работников промышленных производств. Он может использоваться и для обучения по другим специальностям естественно-научного и технического направлений в техникумах, где читаются курсы, связанные с физическими явлениями материального мира нано- и микромасштабов. Он может быть также полезен преподавателям, которые

ведут занятия по соответствующим дисциплинам. Предполагается, что на изучение материала данного курса учебным планом должно быть предусмотрено до семидесяти часов общего времени (лекции, семинары, самостоятельная работа студентов).

2. Содержание спецкурса

2.1. Введение

Основные черты современного этапа развития физических представлений материального мира на уровне микро- и наномасштабов.

2.2. Физические свойства углеродных нанотрубок и материалов на их основе.

Фуллерены, формула Эйлера. Эндодраальные соединения. Структура однослойных нанотрубок, индексы хиральности. Получение нанотрубок. Электронные свойства и автоэлектронная эмиссия многослойных нанотрубок. Упругие и электромеханические свойства нанотрубок. Материалы из нанотрубок, полимеры и композиты на их основе. Технологические применения углеродных нанотрубок. Физико-химические методы исследования основных параметров и характеристик углеродных нанотрубок.

2.3. Особенности электронного строения металлических нанокластеров

Кластеры, классификация кластеров, способы получения. Энергетические оболочки нанокластеров, размеры кластеров, правило Найта, магические кластеры, их энергетические спектры. Парная корреляция, кластерные пары, критическая температура спаривания. Металлические нанокластеры как строительные блоки при создании материалов специфической кристаллической структуры.

2.4. Структура и свойства нанокompозитных покрытий.

Технологическое проявление размерных эффектов, концепция формирования нанокристаллических композитов. Структурные фазы нанокompозитных покрытий, их физические свойства. Нанокompозитные покрытия – новая генерация материалов; основные факторы, определяющие повышенную твердость нанокompозитных покрытий, критические размеры нанокристаллитов. Классификация нанокompозитных покрытий повышенной твердостью. Сверхтвердые нанокompозиты. Перспективы применения нанокompозитных покрытий.

2.5. Метаматериалы

Принципиальное отличие понятия «метаматериалы» от традиционных «есте-

ственных» материалов. Искусственные среды с непотенциальным характером электромагнитных взаимодействий. Феноменологическое описание метаматериалов, теория эффективной среды, формулы смещения. Материалы с отрицательной диэлектрической и магнитной проницаемости.

Оптические метаматериалы. Волновая маскировка тел. Метод волнового обтекания. Основные положения метода. Уравнения Максвелла, их инвариантный характер при преобразовании координат. Теоретические основы трансформационной оптики – нового направления в учении о свете. Основные положения теории, необходимых для понимания ключевых принципов создания метаматериальных пространств на основе манипуляции световым потоком. Принцип Ферма. Метод масштабирования. Гиперлинза как устройство, позволяющее преодолевать дифракционный предел. Светопоглощающие устройства. Концентраторы-коллекторы световой энергии.

Акустические метаматериалы как композитные среды, создаваемые из акустически резонансных пространственно упорядоченных структурных элементов. Модельное описание магнитоакустических метаматериалов.

2.6. Новые магнитные материалы

Новые магнитные состояния в кристаллах, обменные взаимодействия гейзенберговского типа, индуцированный магнитный порядок, критическая точка перехода между структурами разной упорядоченности. Треугольные и сильнофрустрированные антиферромагнетики. Гигантский магнитоэлектрический эффект в мультиферроиках. Фазовый переход, индуцированный магнитным полем, материалы на основе феррита висмута. Физические свойства манганитов. Спиновое расслоение, ферронное состояние. Транспортные свойства манганитов, фазовое расслоение в легированных манганитах. Ферромагнетики с памятью формы. Управление свойствами материалов с помощью механических напряжений, электрических и магнитных полей. Мартенситные превращения и эффект памяти формы. Сплав Гейслера, упругая и магнитная подсистемы; механизм магнитодеформаций.

2.7. Новые аналитические методы исследования конденсированного состояния

Тепловидение – новый вид информационных технологий. Физические основы тепловидения; тепловизионная техника. Области применения тепловидения.

Портативные оптические биосенсоры для определения биологически активных и токсичных соединений. Принципы работы биосенсоров. Биодатчики на основе жидких кристаллов молекул ДНК.

Лазерное разделение изотопов на основе инфракрасной многофотонной диссоциации молекул. Лазерное разделение изотопов углерода.

Многомодовые акустические датчики и системы. Акустический анализатор жидкостей и тепловых процессов.

Нелинейная акустическая диагностика. Причины нелинейности акустических свойств конденсированных сред. Принципы нелинейной диагностики.

2.8. Перечень рекомендуемых практических занятий

1. Материалы из нанотрубок, полимеры и композиты на их основе.

2. Металлические нанокластеры как строительные блоки при создании специфической кристаллической структуры.

3. Сверхтвердые нанокompозиты.

4. Материалы с отрицательной диэлектрической и магнитной проницаемостью.

5. Гигантский магнитоэлектрический эффект в мультиферроиках

6. Сплав Гейслера, упругая и магнитная подсистемы.

7. Строение и основные свойства нанокристаллических материалов на основе замкнутых структур углерода.

8. Характеристические параметры идеальных однослойных и многослойных нанотрубок.

9. Сверхмитниатюрные электромеханические преобразователи на основе нанотрубок.

2.9. Темы рефератов

Кластеры – пятое состояние материи: характерные размеры кластерных образований, методы получения и исследования, практические применения.

Кластеры и фазовые переходы.

Фундаментальные свойства металлических нанокластеров.

Металлические нанокластеры – новое семейство высокотемпературных сверхпроводников: основные характеристики, механизм электронной проводимости на основе теории БКШ.

Принципы создания нанокompозитов на основе системы Ti–Si–N.

Основные структурные и физические показатели нанокompозитных покрытий повышенной прочности.

Перспективные направления использования нанокompозитных покрытий и пленок.

Основные положения теории эффективных сред.

Материалы с отрицательным коэффициентом преломления.

Электромагнитная маскировка материальных тел методом волнового обтекания.

Обменные магнитные взаимодействия в кристаллах.

Геометрическая фрустрация обменного взаимодействия в кристаллах.

Магнитный порядок в кристаллах, индуцируемый примесями.

Сильнофрустрированные антиферромагнетики на основе гранецентрированной кубической решетки Браве.

Сегнетомагнетики.

Модель двойного обмена в манганитах.

Феррон как квазичастица обменных взаимодействий.

Обменные взаимодействия в трехмерных перовскитных манганитах.

Уникальные свойства ферромагнитного семейства сплавов $Ni_{2+x}Mn_{1-x}Ga_{1-y}$

Природа переориентации мартенситных состояний в сплаве Гейслера.

3. Заключение

В результате изучения дисциплины «Физические основы новых композиционных материалов» студенты должны приобрести следующие знания, умения и навыки, применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

знания

* основных закономерностей физических процессов, протекающих в материалах в условиях теплового на них воздействия;

* особенностей структуры и свойств нанообъектов и характер их влияние на прочность твердых кристаллических тел;

* ассортимент микро- и нанообъектов включения в матрицы из металлов и сплавов на их основе;

* основные характеристики искусственных сред с непотенциальным характером электромагнитных взаимодействий;

* закономерностей формирования магнитных материалов, а также материалов с памятью формы;

* мировых тенденций в развитии физики конденсированного состояния, в том числе на уровне микро- и наномасштабов.

умения

* планировать использование новых материалов на стадии проектирования конкретного вида работ;

* подбирать материал для производства конкретных изделий с учетом мирового опыта подобного рода работ;

* планировать научные исследования на основе знаний о физических свойствах объектом микро- и наномасштабов в интересах производства с целью улучшения свойств существующих материалов, используемых в конкретных производствах производствах.

навыки

* использования основных законов физики явлений микро- и наномасштабов и принципов их использования в важнейших практических приложениях;

* работы с естественнонаучной литературой разного уровня (научно-популярные

издания, периодические журналы), в том числе на иностранных языках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов В.К., Сагдеев Р.З.. Основы магнитного резонанса : учеб. пособие для вузов. – Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1995. – 352 с.

2. Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З.. Основы современного естествознания: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1999. – 247 с.

3. Воронов В.К. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. – 232 с.

4. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика : учеб. пособие для вузов. – М.: КомКнига, 2005. – 512 с.

5. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика: Конденсированное состояние: учеб. пособие для вузов. М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 336 с.

6. Воронов В.К., Подоплелов А.В., Сагдеев Р.З.. Физические основы нанотехнологий: учеб. для вузов. – М: Издательский дом ЛИБРОКОМ. 2011, 2011. – 536 с.

7. Воронов А.В., Чан Д., Янюшкин А.С., Геращенко Л.А. Свойства и применение наноматериалов: учеб. пособие для вузов. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 220 с.