

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова  
Сибирского отделения  
Российской академии наук (НИОХ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора НИОХ СО РАН,  
д.ф.-м.н., проф.

\_\_\_\_\_ Е.Г. Багрянская

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**Материалы и их свойства**

**Модульная программа лекционного курса, семинаров, самостоятельной работы  
аспирантов**

**Направление подготовки 04.06.01 «Химические науки»**

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для аспирантов Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук, направление подготовки 04.06.01 «Химические науки». В состав пособия включены программа курса лекций, структура курса

Составитель: профессор, д.ф.-м.н. Окотруб А.В.

## **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина предназначена для обучения основам современного материаловедения. Основной целью освоения дисциплины является развитие представлений о взаимосвязи строения и функциональных свойств неорганических материалов и приобретения ими уровня знаний для мотивирования исследований в направлении создания новых материалов с перспективными свойствами. Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса: дать представление о методах синтеза современных функциональных материалов; дать понимание о взаимосвязи структуры материалов и их свойств.

### **1. Цели и задачи курса**

Дисциплина «**МАТЕРИАЛЫ И ИХ СВОЙСТВА**» предназначена для обучения аспирантов основам современного материаловедения.

Основной целью освоения дисциплины является развитие у аспирантов представлений о взаимосвязи строения и функциональных свойств неорганических материалов и приобретения ими уровня знаний для мотивирования исследований в направлении создания новых материалов с перспективными свойствами.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса: во-первых, дать представление о методах синтеза современных функциональных материалов, во-вторых, дать понимание о взаимосвязи структуры материалов и их свойств.

### **Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Материалы и их свойства» относится к вариативной части блока 1 структуры программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (Исследователь. Преподаватель-исследователь).

Дисциплина «Материалы и их свойства» опирается на следующие дисциплины:

- Физическая химия (основные законы, метод МО и строение молекул);
- Органическая химия (многообразие органических молекул, их дизайн, механизмы реакций);
- Физика (квантовая физика);
- Строение вещества (методы установления строения органических молекул);
- Физические методы установления строения органических соединений.

Результаты освоения дисциплины «Материалы и их свойства» используются в следующих дисциплинах:

- Научно-исследовательская практика;
- Итоговая государственная аттестация.

### **2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Материалы и их свойства».**

#### **Универсальные компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

#### **Общепрофессиональные компетенции:**

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

По окончании изучения указанной дисциплины аспирант должен:

- **иметь представление** об основных закономерностях изменения физико-химических и электрофизических свойств веществ при наличии примесей, о взаимосвязи атомного строения и электронных свойств материалов, методах получения и особенностях строения кристаллических, пленочных и наноматериалов, об особенностях влияния размерности и упорядоченности структур на их свойства;
- **знать** основные классы современных неорганических функциональных материалов;
- **уметь** правильно оценивать перспективность неорганических соединений для выявления функциональных свойств.

### **3. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Изучение дисциплины «**МАТЕРИАЛЫ И ИХ СВОЙСТВА**» аспирантами построено на базе лекций.

Курс лекций включает в себя семь разделов:

1. Чистые вещества их получение и характеристика.
2. Электрофизические свойства материалов.
3. Кристаллические материалы – способы получения и свойства.
4. Синтез и свойства пленочных материалов.
5. Наночастицы и коллоидные материалы.
6. Углеродные наноструктуры.
7. Пористые и керамические материалы.

### **4. Система контроля знаний аспиранта**

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен итоговый экзамен.

### **5. Содержание дисциплины.**

**5.1. Новизна курса.** Основа курса – современные представления о структуре и свойствах материалов на рубеже XXI века. В лекционный курс постоянно включается информация о но-

вейших достижениях науки. Содержание курса аналогично курсу, читаемому в МГУ и ведущих зарубежных университетах.

## 5.2. Тематический план курса (распределение часов)

Наименование разделов	Количество часов	
	Лекции	Всего часов
Чистые вещества их получение и характеристика	2	4
Электрофизические свойства материалов	2	4
Кристаллические материалы – способы получения и свойства	2	4
Синтез и свойства пленочных материалов	2	4
Наночастицы и коллоидные материалы	2	4
Углеродные наноструктуры	2	4
Пористые керамические и гибридные материалы	2	4
Итого по курсу	14	28

## 5.3. Содержание разделов

### ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА ИХ ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ.

Состав вещества, как одна из основных его характеристик. Высокочистые вещества. Современные требования к чистоте веществ. Методы получения высокочистых веществ. Методы определения химического состава высокочистых веществ.

Аттестация примесного состава высокочистых веществ. Аналитическое определение примесного состава высокочистых веществ. Оценка суммарного содержания примесей и достоверности данных по составу высокочистых веществ. Достигнутый уровень чистоты простых твердых веществ. Банк данных «Высокочистые вещества и материалы».

### ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Электронная структура твердых тел: формирование и заполнение зон, особенности, связанные с анизотропией кристаллической структуры и типами орбиталей. Методы изучения электронной структуры вблизи уровня Ферми.

Движение электронов в твердых телах: электронная проводимость и механизмы электронного рассеяния (на примесях, фононах и т.д.), движение электронов в магнитном поле, основные свойства диэлектриков, полупроводников, металлов и сверхпроводников. Методы исследования электрофизических свойств.

Особенности электронного транспорта и физические явления, связанные с сильными электронными корреляциями.

Магнитные явления: диамагнетизм и парамагнетизм в твердых телах, основные типы магнитных взаимодействий и типы упорядочения магнитных моментов. Методы и подходы в исследованиях магнитных свойств.

### КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ – СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА

Классы кристаллов и области их применения в науке и технике – в полупроводниковой электронике, пьезо- и акустоэлектронике, лазерной технике; нелинейной оптике, для регистрации ионизирующих излучений, в качестве, конструкционных материалов. Основные способы выращивания кристаллов из газовой фазы, из раствора, из расплава. Методы, используемые в производстве кристаллов.

Основные понятия, используемые при феноменологическом описании процессов роста. Роль диаграмм состояния. Равновесная форма кристалла. Пересыщение, кинематика растущей поверхности. Тепло- и массоперенос. Модельные представления об атомной структуре растущей поверхности. Работы ИНХ по росту кристаллов в условиях низких градиентов.

### СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Особенности строения пленочных материалов. Методы получения пленочных материалов. Основные химические методы получения покрытий и их экспериментальное оформление. Выбор покрытия и способов его нанесения: проблемы и ограничения методов. Основы газофазных химических процессов нанесения покрытий. Многослойные покрытия. Физико-химические основы выбора прекурсора. Методы исследования процессов нанесения покрытий, включая анализ газовой и конденсированной фаз. Кинетика, термодинамика и моделирование процессов осаждения. Исследование состава, структуры и функциональных свойств покрытий. Методы исследования состава пленочных материалов. Методы исследования структуры пленочных материалов. Наносистемы и наноструктурные покрытия. Состав и структура, роль примесей (поверхностные и на границе раздела), размерные эффекты и пр..

### НАНОЧАСТИЦЫ И КОЛЛОИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Наночастицы: общие представления, размерные эффекты, химические и физические способы получения, ультрадисперсные материалы на основе наночастиц. Темплатный синтез и кристаллизация. Свободные и связанные наночастицы, броуновское движение, уравнение Стокса-Эйнштейна. Дисперсионный анализ наночастиц: понятие эквивалентной сферы, способы усреднения размеров, методы дисперсионного анализа (седиментация, микроскопия (оптическая и электронная), статическое рассеяние света (теории Релея, Мандельштама и Дебая), фотон-корреляционная спектроскопия, дифракция, ЯМР в импульсном градиенте магнитного поля и др.).

Различные виды устойчивости коллоидных систем, понятие раскливающего давления, теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Структурно-механический барьер по Ребиндеру. Периодические коллоидные структуры. Поверхностно-активные вещества, мицел-

лообразование, мембраны и пленки Ленгмюра-Блоджетт. Коллоидно-химические свойства и закономерности получения ультрадисперсных материалов.

### УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

Методы синтеза фуллеренов. Механизм формирования углеродных кластеров в газовой фазе. Особенности кристаллического и электронного строения фуллеренов. Физические свойства твердого  $C_{60}$ . Строение и сверхпроводимость фуллеридов. Реакционная способность фуллеренов по отношению к галогенам, водороду, кислороду. Образование комплексных соединений. Синтез и свойства полимеров  $C_{60}$ . Особенности строения и свойств эндофуллеренов.

Строение и номенклатура углеродных нанотрубок. Механические и электрические свойства нанотрубок. Особенности электронного строения нанотрубок, зависимость типа проводимости от хиральности нанотрубок. Оптические свойства нанотрубок. Методы синтеза однослойных и многослойных нанотрубок. Роль катализаторов. Формирование массивов однослойных и многослойных нанотрубок. Применение нанотрубок в композитных материалах, нанoeлектронике, оптических элементах. Особенности реакционной способности углеродных нанотрубок.

Пространственная и электронная структура графена. Транспортные и оптические свойства графена. Методы синтеза графена. Реакционная способность графена, сходство и различия с графитом. Строение и технология получения химических производных графена. Применение графена в электронике, энергетике, композиционных материалах.

### ПОРИСТЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ И ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Оксид кремния  $SiO_2$  и его модификации. Кристаллические силикаты, аморфные силикаты, стекла, силикогель. Алюмосиликаты (цеолиты): методы синтеза и структурные особенности. Мезопористые цеолиты. Свойства и применение цеолитов. Пористые координационные полимеры. Стратегия строительных блоков, контроль структуры. Взаимопрорастание. Современные научные достижения в области пористых координационных полимеров. Способы классификации сеток и каркасов. Классификация и характеристика пористых материалов. Адсорбция и капиллярная конденсация. Изотермы сорбции газов, уравнения изотерм, анализ размера полостей.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, принятым в ФГБУН Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (НИОХ СО РАН), с учётом рекомендаций ОПОП ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (Исследователь. Преподаватель-исследователь).

Автор:  
профессор, д.ф.-м.н. Окотруб А.В.

Программа одобрена на заседании Ученого совета "19" сентября 2014 г.