

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Избранные главы неорганической химии:  
методы исследования полупроводников**

**Уровень высшего образования:**  
Магистратура

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.04.01 Химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Неорганическая химия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>СПК-4.М</b> Владеет основным терминологическим и понятийным аппаратом современного неорганического материаловедения; знанием основных классов функциональных материалов, методов их получения, взаимосвязи структуры и свойств, умением анализировать и предлагать способы получения функциональных материалов с заданными свойствами, выбирать оптимальные материалы для дизайна устройств с заданным функционалом</p>	<p><b>СПК-4.М.1</b> Предлагает способы получения функциональных материалов с заданными свойствами с учетом имеющихся ресурсов</p>	<p><b>Уметь:</b> выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению неорганических веществ и материалов  <b>Владеть:</b> информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.</p>
<p><b>СПК-5.М</b> Способен обоснованно выбирать и применять современные методы исследования состава, структуры и свойств неорганических веществ и материалов, знание теоретических основ этих методов и основных принципов работы приборов для выбора параметров проведения эксперимента, обработки и интерпретации полученных результатов</p>	<p><b>СПК-5.М.1</b> Предлагает методы исследования состава, структуры и свойств неорганических веществ и материалов, адекватные поставленной задаче</p>	<p><b>Знать</b> теоретические основы, практические и методологические особенности методов исследования неорганических веществ.  <b>Уметь</b> выбрать условия проведения исследования исходя из методологических особенностей метода, подготовить образец к анализу.  <b>Владеть</b> программным обеспечением методов исследования.</p>

3. Объем дисциплины (модуля) составляет **2** зачетных единицы, всего **72** часа, из которых **40** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (19 часов занятия лекционного типа, 19 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), **32** часа составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Требуется освоение дисциплин «Неорганическая химия», «Общая физика», «Элементы строения вещества», «Физическая химия», «Кристаллохимия» в объеме, преподаваемом на Химическом факультете МГУ.

Обучающийся должен

**Знать:** химические свойства неорганических соединений и основные закономерности в их изменении, основные законы физики, основные операторы физических величин, основы учения о фазовых равновесиях, основные подходы к описанию строения вещества.

**Уметь:** применять знания вышеуказанных разделов для описания химических объектов и их взаимодействий.

**Владеть:** современными представлениями о строении вещества и факторах, влияющих на возможность протекания химических реакций.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них						из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Раздел 1.	<b>23</b>	6	9				<b>15</b>	8		<b>8</b>
Раздел 2.	<b>37</b>	13	10				<b>23</b>	14		<b>14</b>
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	<b>12</b>					2	<b>2</b>			<b>10</b>
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>19</b>	<b>19</b>			<b>2</b>	<b>40</b>	<b>22</b>		<b>32</b>

*Содержание разделов:*

*Раздел 1.* Исследование полупроводниковых свойств материалов электрическими и оптическими методами, а также установление состава материала методом рентгено-флуоресцентного анализа.

*Раздел 2.* Избранные методы исследования полупроводников. Импеданс-спектроскопия, анализ температурных зависимостей ВАХ, исследование эффекта Холла, визуализация p-n переходов и дислокаций методом химического травления кристаллов, визуализация барьеров и структурных дефектов в полупроводниковых кристаллах на СЭМ методом наведенного тока/ЭДС, исследование температурной зависимости ИК-спектров поглощения/отражения, люминесцентная спектроскопия, исследование кинетики люминесценции, исследование температурной зависимости спектров люминесценции, люминесцентная микроскопия, поляризационная микроскопия.

#### 6. Образовательные технологии:

- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Для самоподготовки предлагается список вопросов по каждой теме, контрольные задания и перечень вопросов к зачету.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

#### **Основная литература**

1. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1987.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, т.1. М.: Мир, 1984.
3. Панкоф Ж. Оптические процессы в полупроводниках. М.: Мир, 1973.
4. Ибрагимов Х.И., Корольков В.А. Работа выхода электрона в физико-химических исследованиях расплавов и твердых фаз на металлической основе. М.: Металлургия, 1995.
5. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгено-спектрального флуоресцентного анализа. М.: Химия, 1982.

#### **Дополнительная литература**

1. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008.
2. Воробьев В.Ю., Добровольский В.Н., Стриха В.И. Методы исследования полупроводников. К.: Выща школа, 1988.
3. Батавин В.В. Контроль параметров полупроводниковых материалов и эпитаксиальных слоев. М. «Советское радио», 1976
4. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл – полупроводник. М.: Мир, 1975.
5. Handbook of X-Ray Spectrometry second edition by Van Grieken R.E., Markowicz A.A.. Marcel Dekker, New York – Basel, 2002.
6. Eugene P. Bertin Introduction to X-Ray Spectrometric Analysis. Plenum Press, New York - London, 1978.
7. Стойнов З.Б., Графов Б.М., Савова-Стойнова Б.С., Елкин В.В. Электрохимический импеданс. М.: Наука, 1991.

- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: Дорофеев Сергей Геннадьевич, к.х.н., ведущий научный сотрудник.

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

#### **Вопросы для самостоятельной работы и подготовки к зачету:**

1. Опишите метод Ван-дер-Пау. Зачем нужны четырехконтактные измерения?
2. Приведите температурные зависимости электропроводности полупроводника при разном уровне легирования.
3. Приведите основные типы годографов импеданса в координатах Найквиста и Боде. Как выбрать частотный диапазон и амплитуду переменного сигнала?
4. Как называются материалы, в которых термическая и оптическая работы выхода совпадают?
5. Нарисуйте основные типы барьеров. Зачем они нужны и как от них избавиться?
6. Каковы принципы визуализации барьеров?
7. Какие параметры полупроводника можно вычислить из ВАХ барьера?
8. Какие параметры полупроводника можно вычислить из спектра импеданса барьера?
9. Какую информацию можно извлечь из спектра люминесценции полупроводника?
10. В каких координатах спектр поглощения прямозонного полупроводника имеет линейный участок? А непрямозонного?
11. Как определить концентрацию носителей заряда в кристалле полупроводника оптическими методами?
12. Как определить размер квантовых точек по спектру поглощения?
13. Почему на ИК-спектре видны полосы колебаний не всех связей образца?
14. Назовите принципы рентгеновской флуоресценции. Чем определяется величина сигнала?
15. Найдите на представленном спектре рентгеновской флуоресценции артефакты. Каково их происхождение? Как их устранить, или уменьшить?
16. В чем преимущества и недостатки различных методов определения состава по данным рентгеновской флуоресценции?
17. Что такое внутренний стандарт?
18. Какую информацию можно извлечь из спектра люминесценции полупроводника?

19. Какие параметры влияют на люминесцентные свойства полупроводников? Какую длину волны следует использовать для возбуждения люминесценции в полупроводнике?
20. Что такое квантовый выход люминесценции и какие есть способы его определения?
21. Что можно определить, измеряя кинетику люминесценции полупроводника?
22. Как выбрать травитель для исследования микроструктуры кристалла?
23. Какие параметры анизотропии можно определить с помощью поляризационной микроскопии?

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<b>Знать</b> теоретические основы, практические и методологические особенности методов исследования неорганических веществ.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете
<b>Уметь:</b> выбирать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи по изучению неорганических веществ и материалов. <b>Уметь</b> выбрать условия проведения исследования исходя из методологических особенностей метода, подготовить образец к анализу.	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на семинарских занятиях и зачете

<p><b>Владеть:</b> информацией о возможностях методов, их точности и ограничениях, иметь представление о приемах подготовки образцов, задании параметров проведения эксперимента, методах регистрации и обработки экспериментальных результатов.</p> <p><b>Владеть</b> программным обеспечением методов исследования.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
---	---