

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Химический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Кафедра аналитической и фармацевтической химии  
химического факультета

Образовательная программа  
Направления 04.04.01 – Химия

Профиль подготовки  
Аналитическая химия

Уровень высшего образования  
магистратура

Форма обучения  
очная

Статус дисциплины: вариативная по выбору


Махачкала, 2017 год

Рабочая программа дисциплины «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 – химия (уровень - магистратура)

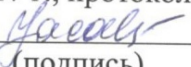
от «23» сентября 2015 г. № 1042.


Разработчики: кафедра аналитической и фармацевтической химии, д.х.н., профессор Рамазанов А.Ш.; к.х.н., и.о. доцента Свешникова Д.А.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры аналитической и фармацевтической химии  
от «18» января 2017 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Рамазанов А.Ш.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «20» января 2017 г., протокол №5.

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.  Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» входит в вариативную часть дисциплины по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 04.04.01 – «Химия» и является обязательной для изучения.

Дисциплина реализуется на факультете химическом кафедрой аналитической и фармацевтической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физико-химическими основами и аналитическими возможностями экспериментальных методов исследования поверхности и тонких слоев материалов с целью диагностирования микро- и наноструктур, а также возможностью применения этих методов в микро- и нанотехнологиях.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ПК-2; ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных работ, коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 108 часов.

Се- мestr	Учебные занятия в том числе						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	Лек- ции	Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации		
2 сем.	108	16	18	-	-	-	74	108

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» является изучение физико-химических основ и аналитических возможностей экспериментальных методов исследования поверхности и тонких слоев материалов с целью диагностирования микро- и наноструктур, а также возможностей применения этих методов в микро- и нанотехнологиях.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Методы анализа поверхности твердых наноматериалов» входит в вариативную часть дисциплины по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 04.04.01 – «Химия».

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-2	Владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии	Знать: теоретические основы традиционных и новых разделов химии и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач Уметь: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии Владеть: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач
ПК-3	Готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ Уметь: выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения Владеть: навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов

### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самостоятел. раб.		
<b>Модуль 1. Исследование поверхности твердых тел спектроскопическими методами</b>									
1.	Наноматериалы, нанотехнологии. Сорбционные мето-	2		2	-	-	-	8	устный опрос

	ды исследования поверхности твердых тел								
2.	Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел	2		2	-	2		6	устный опрос, письменная контрольная работа
3.	Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел	2		2	-	2		4	устный опрос, письменная контрольная работа
4.	Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод исследования поверхности твердых тел	2		2	-	2		4	устный опрос, письменная контрольная работа
	<b>Итого по модулю 1:</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>36/ коллоквиум</b>
<b>Модуль 2. Анализ поверхности твердых тел термогравиметрией и РФА</b>									
5.	Термогравиметрический анализ твердых тел	2		2	-	3		13	устный опрос, письменная контрольная работа
6.	Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел	2		2		3		13	устный опрос, письменная контрольная работа
	<b>Итого по модулю 2:</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>36/ коллоквиум</b>
<b>Модуль 3. Физико-химические методы анализа поверхности</b>									
7.	Физико-химические методы анализа поверхности: метод Боэма	2		2		3		13	устный опрос, письменная контрольная работа
8.	Потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности	2		2		3		13	
	<b>Итого по модулю 3:</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>36/ коллоквиум</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>2</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>74</b>	<b>108/зачет</b>

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

##### Тематический план лекций

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Модуль 1. Исследование поверхности твердых тел спектроскопическими методами</b>		
1	Наноматериалы, нанотех-	Классификация наноматериалов. Физические причины специфики

	нологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел.	наноматериалов. Основные области применения наноматериалов. Методы получения наноматериалов.
2	Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел.	Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Физические основы метода. Энергия оже-электронов. Факторы, влияющие на выход оже-электронов. Сечение ионизации внутреннего уровня. Вероятность оже-процесса. Средняя длина свободного пробега электронов. Быстрые обратно-рассеянные электроны. Химические сдвиги. Количественная оже-спектроскопия. Основное уравнение оже-спектроскопии. Метод внешних эталонов. Метод, использующий коэффициенты элементной чувствительности. Специальные методы для изучения тонкослойных структур. Абсолютная чувствительность методики электронной оже-спектроскопии. Применение спектров $N(E)$ и $dN/dE$ . Устранение фона. Применение электронной оже-спектроскопии. Совмещение растровой электронной микроскопии и электронной оже-спектроскопии. Приборы. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Физические основы метода. Факторы, влияющие на величину фотоэмиссионного тока. Количественная РФЭС. Химические сдвиги. Учет зарядки поверхности. Использование РФЭС в химии поверхности. Аппаратура. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Дифракционные картины от чистых поверхностей и адсорбированных слоев. Основы кинематической и динамической теории ДМЭ. Применение методики. Аппаратура.
3	Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел.	Теоретические основы метода. Используемая аппаратура. Примеры практического использования метода при исследовании различных поверхностей.
4	Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод исследования поверхности твердых тел.	Теоретические основы метода. Устройство растрового микроскопа. Определение элементного состава поверхности твердых тел. Возможности метода. Примеры практического использования метода при исследовании различных поверхностей.
<b>Модуль 2. Анализ поверхности твердых тел термогравиметрией и РФА</b>		
5	Термогравиметрический анализ твердых тел.	Теоретические основы метода. Используемая аппаратура. Примеры практического использования метода. Термогравиметрия (ТГ) назначение, преимущества по сравнению с родственными методами измерений, устройство, калибровка, режимы работы.
6	Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел.	Основные модели пористых тел. Пористость. Удельная поверхность. Адсорбция физическая и химическая. Адсорбция газов на твердой поверхности. Изотермы адсорбции. Изотерма полимолекулярной адсорбции БЭТ. Использование интегрального метода БЭТ для определения величин удельной поверхности. Методики расчета распределения мезопор по размерам. Динамический метод измерения величин адсорбции: преимущества и недостатки. Динамические приборы серии СОРБИ. Измерение удельной поверхности, пористости, распределения пор по размерам активированного угля
<b>Модуль 3. Физико-химические методы анализа поверхности</b>		
7	Физико-химические методы анализа поверхности: метод Бозма.	Основные модели пористых тел. Пористость. Удельная поверхность. Адсорбция физическая и химическая. Адсорбция газов на твердой поверхности. Изотермы адсорбции. Изотерма полимолекулярной адсорбции БЭТ. Использование интегрального метода БЭТ для определения величин удельной поверхности. Методики расчета распределения мезопор по размерам. Динамический метод измерения величин адсорбции: преимущества и недостатки. Динамические приборы серии СОРБИ. Измерение удельной поверхности, пористости, распределения пор по размерам активированного угля.

8	Потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности.	Потенциометрия: мембранные электроды, металлические электроды, прямая потенциометрия, Потенциометрическое титрование. Определение рН точки нулевого заряда различных сорбентов.
---	---	---

### Лабораторные работы

№№ и названия разделов и тем	Цель и содержание практической работы
<b>Лабораторная работа № 1.</b> Адсорбционные методы анализа поверхности твердых тел.	Ознакомление с прибором SORBI для определения текстуры твердых тел. Приготовление образцов.
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Адсорбционные методы анализа поверхности твердых тел.	Определение удельной поверхности ( $S_{уд}$ ), пористости и распределения пор по размерам различных материалов.
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Рентгенофазовый анализ в исследовании структуры твердых тел.	Исследование структуры и фазового состава поверхности АУ методом РФА.
<b>Лабораторная работа № 4.</b> Использование метода конфокальной КР-спектроскопии в анализе поверхности твердых тел.	Устройство и принцип работы конфокального КР-спектрометра-микроскопа SENTERRA. Изучение структуры образцов активированных углей.
<b>Лабораторная работа № 5.</b> Метод сканирующей электронной микроскопии в исследовании поверхности твердых тел.	Устройство растрового микроскопа, изучение морфологии и химического состава поверхности различных твердых тел.
<b>Лабораторная работа № 6.</b> Термогравиметрический анализ твердых тел.	Получение и анализ термогравиметрических кривых образцов активированных углей.
<b>Лабораторная работа № 7.</b> Физико-химические методы анализа поверхности сорбентов.	Определение поверхностных функциональных групп образцов активированных углей методами Бозма.
<b>Лабораторная работа № 8.</b> Определение рН точки нулевого заряда различных сорбентов.	Определение рН точки нулевого заряда активированного угля.

### 5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины предусматривается применение следующих активных методов обучения:

- Выполнение лабораторных работ с элементами исследования.
- Отчетные занятия по разделам «Классификация дисперсных систем», «Порошки: классификация, свойства, применение», «Методы очистки дисперсных систем».
- Выполнение аспирантами индивидуальной исследовательской работы по анализу реальных объектов с поиском и выбором метода и схемы определения на лабораторных занятиях.
- Контрольные работы.
- Коллоквиумы.

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

- Подготовка к отчетам по практическим работам.
- Решение задач.
- Подготовка к контрольной работе.
- Подготовка к коллоквиуму.
- Подготовка к зачету.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение
1. Наноматериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
2. Рентгенофазовый анализ поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
3. Метод сканирующей электронной микроскопии в анализе поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
4. Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод исследования поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
5. Наноматериалы, нанотехнологии. Сорбционные методы исследования поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
6. Использование методов электронной спектроскопии (РФЭС, Оже-спектроскопия, ДМЭ) в анализе поверхности твердых тел.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
7. Физико-химические методы анализа поверхности: метод Боэма.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
8. Потенциометрическое титрование, определение рН точки нулевого заряда поверхности.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
Решение задач	Изучение условий и требований задач; поиск пути решения; составление плана решения; запись искомых величин в виде формул и вычисление их значений с требуемой точностью; анализ процесса решения задачи и отбор информации, полезной для дальнейшей деятельности	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
Подготовка к контрольной работе.	Определить круг теоретических вопросов, выносимых на контроль; оценить уровень сложности практических заданий (будет ли работа дифференцированной, общей для всех, индивидуаль-	См. п.п. 4.3; 7.3; 8



	ной и т. д.); отобрать наиболее целесообразные для данного учебного материала способы и приемы работы	
Подготовка к коллоквиуму	Подготовиться к коллоквиуму, т. е. выяснить: круг и уровень сложности вопросов, выносимых на контроль; формы контроля; способы и методы выполнения заданий, выносимых на контроль; повторить пройденное; разобрать наиболее трудные вопросы темы	См. п.п. 4.3; 7.3; 8
Подготовка к зачету	Повторен и изучен теоретический материал, составляющий содержание итогового контроля; выявлена его сущность; выполнены типичные задания, на примере которых раскрываются методы и способы применения теоретических знаний к решению конкретных учебных задач; выполнены все группы возможных упражнений, направленных на формирование определенных практических умений; проанализированы все выполненные практические работы текущего контроля.	См. п.п. 4.3; 7.3; 8

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое наноматериалы и нанотехнологии?
2. Назовите типы адсорбции.
3. Каким методом проводится определение удельной поверхности твердых тел?
4. С помощью какого прибора осуществляют съемку дифрактограмм?
5. Каковы возможности метода сканирующей электронной микроскопии в исследовании поверхности твердых тел?
6. Какую информацию о поверхности твердого тела можно получить с помощью рентгенофлуоресцентного метода?
7. Что такое простая и дифференциальная термогравиметрические кривые?
8. Какие растворы и почему используются в методе Бозма?

#### **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

##### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ПК-2	Знать: теоретические основы традиционных и новых разделов химии и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач. Уметь: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии. Владеть: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач.	Защита отчета. Контроль выполнения индивидуального задания
ПК-3	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ. Уметь: выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения. Владеть: навыками проведения эксперимента и методами	Защита отчета. Контроль выполнения индивидуального задания

обработки его результатов.

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

ПК-2 - «владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
продвинутый	Владеть: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Владеет общими представлениями о возможности практического применения теоретических основ химии, но допускает неточности при их использовании применительно к поставленной задаче	Владеет навыками применения теоретических основ химии при решении реальных практических задач в отделе взятой области химии и материаловедения	Владеет навыками применения теоретических основ химии при планировании работ в профессиональной сфере деятельности и грамотной интерпретации полученных результатов
	Уметь: анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии	Умеет решать учебные задачи, имитирующие реальные ситуации из практики НИР	Умеет обосновывать выбор средств решения конкретных задач профессиональной деятельности на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии	Умеет критически анализировать результаты отдельных этапов научных и научно-технологических исследований на предмет их соответствия теоретическим представлениям химической науки; умеет проводить поиск в патентных базах данных
	Знать: теоретические основы традиционных и новых разделов химии и способы их использования при решении конкретных химических и материаловедческих задач	Имеет общее представление о закономерностях протекания химических процессов, может сформулировать их для определенной группы веществ и привести примеры использования этих закономерностей при решении конкретных практических задач	Знает закономерности протекания химических процессов с участием веществ различной природы, но допускает отдельные неточности при их формулировке и оценке условий применимости этих закономерностей при решении конкретных химических и материаловедче-	Знает закономерности протекания химических процессов с участием веществ различной природы, способы их применения при решении практических задач в области фундаментальной и прикладной химии

			ских задач	
--	--	--	------------	--

ПК-3 - «готовностью использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
продвинутый	Владеть: навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов	Владеет некоторыми навыками многостадийного синтеза, методологией выбора способов диагностики веществ и материалов, но допускает отдельные ошибки при обработке результатов эксперимента	В целом владеет навыками многостадийного синтеза и методологией выбора способов диагностики веществ и материалов	В полном объеме владеет навыками многостадийного синтеза, основными методами диагностики веществ (материалов) и методами обработки результатов эксперимента
	Уметь: выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения	Может выбрать метод диагностики конкретного вещества (материала, процесса) из набора предложенных и провести измерения на простом оборудовании под руководством специалиста более высокой квалификации	Может указать метод исследования веществ (материалов, процессов), сформулировать общие требования к условиям диагностики и самостоятельно провести измерения на простом оборудовании	Может указать несколько методов исследования конкретного вещества (материала, процесса), сформулировать требования к условиям диагностики, умеет адаптировать стандартные методики эксперимента для решения конкретных задач
	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	Имеет общее представление о методах получения, идентификации и исследования свойств отдельных классов веществ, правилах безопасного обращения с ними и способах представления результатов эксперимента	Знает стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила ТБ при работе с ними, основные требования к оформлению результатов эксперимента, но допускает отдельные	Знает стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила техники безопасности при работе с ними, основные требования к оформлению

			ные неточности	результатов эксперимента
--	--	--	----------------	--------------------------

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

1. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольный процесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов в поверхностном слое и в фазе.
2. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
3. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Предпосылки теории.
4. Математическая основа теории БЭТ. Вывод уравнения адсорбции.
5. Физический смысл константы  $S$ . Выбор экспериментального метода получения изотермы адсорбции
6. Условия удаления летучих и хемосорбированных веществ из адсорбента перед измерениями.
7. Условия измерения изотермы адсорбции.
8. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.

#### Вопросы по итоговому контролю

##### Коллоквиум 1

1. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольный процесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов в поверхностном слое и в фазе.
2. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Сорбция. Сорбат, адсорбат, адсорбтив, сорбент, адсорбент.
3. Понятия об адсорбции, сорбции. Сорбат, адсорбат, адсорбтив, сорбент, адсорбент.
4. Весовой и объемный методы определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.
5. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
6. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга.
7. Адсорбционные силы.
8. Специфическая и неспецифическая адсорбция.
9. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
10. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
11. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью.
12. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела.
13. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
14. Удельная поверхность твердого тела ( $S_{уд}$ ). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры.
15. Связь величины  $S_{уд}$  с емкостью монослоя.
16. Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории.
17. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения.
18. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.

## Коллоквиум 2

1. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Предпосылки теории.
2. Математическая основа теории БЭТ. Вывод уравнения адсорбции.
3. Физический смысл константы  $C$ .
4. Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным.
5. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
6. Требования к адсорбатам для определения величины удельной поверхности методом БЭТ.
7. Проверка надежности определения емкости монослоя по ур. БЭТ.
8. Условия, необходимые для успешного применения метода БЭТ.
9. Точка Б на изотерме адсорбции. Метод определения величины Суд по одной точке.
10. Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм.
11. Анализ изотерм адсорбции:  $t$ -графики: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки.
12. Расчет величины удельной поверхности по  $t$ -граммам.
13. Влияние микро- и мезопористости на форму  $t$ -графиков.
14. Анализ изотерм адсорбции:  $as$ -графики. Нормализованная величина адсорбции.
15. Отклонения от линейности  $as$ -графиков. Преимущества  $as$ -графиков.
16. Оценка величины удельной поверхности по  $as$ -граммам. Преимущества  $as$ -графиков.
17. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков.
18. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью  $f$ -графиков.

## Коллоквиум 3

1. Источники погрешностей в определении удельной поверхности из адсорбционных данных.
2. Точность определения удельной поверхности по адсорбционным данным.
3. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ.
4. Значения константы  $C$ , необходимые для получения корректных результатов по методу БЭТ.
5. Причины широкого использования адсорбции азота для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.
6. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым.
7. Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым.
8. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.
9. Анализ изотерм сорбции IV типа.
10. Капиллярная конденсация в мезопорах.
11. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Его вывод.
12. Соотношение между радиусом кривизны и размером пор.
13. Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор.
14. Использование уравнения Кельвина для расчета распределения пор по размерам.
15. Интервал применимости уравнения Кельвина.
16. Правило Гурвича о предельном объеме адсорбированного вещества.
17. Сорбционный гистерезис, его причины.
18. Причины использования десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.
19. Учет двоякой природы десорбируемого адсорбата. при расчете распределения пор по размерам.

20. Методы вычисления распределения пор по размерам, учитывающие толщину адсорбционной пленки на стенках пор.
21. Механизм адсорбции в микропорах.
22. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах.
23. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм.
24. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.
25. Оценка объема микропор с помощью  $a_s$  – графиков.
26. Использование  $t$ -графиков для определения объема микропор.
27. Теория адсорбции в микропорах Дубинина - Радушкевича.
28. Уравнение Дубинина-Радушкевича. Линейная форма уравнения. Его графическая зависимость.
29. Расчет суммарного объема микропор по уравнению Дубинина-Радушкевича.
30. Выбор адсорбтива для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности.
31. Выбор экспериментального метода получения изотермы адсорбции
32. Условия удаления летучих и хемосорбированных веществ из адсорбента перед измерениями.
33. Условия измерения изотермы адсорбции.
34. Необходимость проверки воспроизводимости изотерм.
35. Анализ типа изотермы и петли гистерезиса.
36. Условия анализа изотермы адсорбции с помощью метода БЭТ.
37. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.
38. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.

#### **Примерные вопросы к зачету**

1. Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем.
2. Роль поверхности в таких системах.
3. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
4. Принципы весового и объемного методов определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.
5. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
6. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга.
7. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
8. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
9. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью.
10. Удельная поверхность твердого тела ( $S_{уд}$ ). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины  $S_{уд}$  с емкостью монослоя.
11. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения адсорбции.
12. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
13. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.
14. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ Проверка надежности определения емкости монослоя поур. БЭТ.

15. Условия, применения метода БЭТ для определения величины удельной поверхности твердых тел.
16. Метод определения величины удельной поверхности поодной точке на изотерме адсорбции.
17. Использование стандартных изотерм адсорбции для анализа адсорбционных данных. Критерии выбора стандартных изотерм.
18. Анализ изотерм адсорбции с помощью  $t$ -графиков: кривые ависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по  $t$ -графикам. Влияние микро- и мезопористости на форму  $t$ - графиков.
19. Анализ изотерм адсорбции с помощью  $as$  -графиков. Нормализованная величина адсорбции. Отклонения от линейности  $as$ -графиков. Преимущества  $as$ -графиков.
20. Оценка величины удельной поверхности по  $as$ —графикам. Преимущества  $as$ -графиков.
21. Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью  $f$ -графиков.
22. Точность определения удельной поверхности по адсорбционным данным. Источники погрешностей.
23. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбтивов в соответствии с значениями константы  $S$  уравнения БЭТ.
24. Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбата. Азот как наиболее широко используемый адсорбат для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.
25. Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым. Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами. Влияние размера пор.
26. Классификация пор по размерам Дубинина. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.
27. Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым. Анализ изотерм сорбции IV типа.
28. Изотермы сорбции мезопористых сорбентов. Механизм процесса адсорбции в мезопорах. Капиллярная конденсация в мезопорах.
29. Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения.
30. Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор. Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор. Использование уравнения Кельвина для расчета распределения пор по размерам. Интервал применимости уравнения Кельвина.
31. Адсорбция в мезопорах. Механизм процесса. Предельный объем адсорбированного вещества. Правило Гурвича.
32. Сорбционно-десорбционный гистерезис, его причины. Использование десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.
33. Адсорбция в мезопорах Расчет распределения пор по размерам по изотерме десорбции. Учет двойственной природы десорбируемого адсорбата и толщины десорбционной пленки на стенках пор.
34. Методы вычисления распределения пор по размерам, учитывающие толщину адсорбционной пленки на стенках пор.
35. Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.
36. Изотермы адсорбции на микропористых адсорбентах. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.

37. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Вид изотерм. Оценка объема микропор с помощью  $a_s$ -графиков.
38. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Влияние микро- и мезопористости на форму  $t$ -графиков.
39. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Использование  $t$ -графиков для определения объема микропор.
40. Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.
41. Адсорбция на микропористых адсорбентах. Использование уравнения Дубинина-Радушкевича для расчета суммарного объема микропор.
42. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Выбор адсорбтива. Способы подготовки адсорбента.
43. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Весовой и объемный методы получения изотермы адсорбции.
44. Условия измерения изотермы адсорбции. Источники экспериментальных погрешностей. Необходимость проверки воспроизводимости изотерм.
45. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Анализ типа изотермы и петли гистерезиса.
46. Условия анализа изотермы адсорбции с помощью метода БЭТ.
47. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.
48. Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. В. Лебухов, Анна Окара, Л. Павлюченкова Физико-химические методы исследования. Издательство: Лань Серия: Учебники для вузов. Специальная литература 2013 г. 480 стр.
2. В. В. Старостин. Материалы и методы нанотехнологии. Москва. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. 431 с.
3. Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. Физические и химические основы нанотехнологий. М. Физматлит. 2009. 456 с.
4. И. П. Суздаев Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М. Комкнига. 2009. 592 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М., Физматлит, 2007, 416 с.
6. Андриевский Р.А., Рагуля А. В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005, 192с.
7. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006, 325 с.
8. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006, 309 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Р.Ханнинк, А.Хилл. Наноструктурные материалы. Техносфера 2009. 488 с.
2. Помогайло А.Д., Розенберг А. С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000. - 672 с.
3. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 208 с.
4. П.Харрис Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы



XXI века. М.: Техносфера. 2003. - 336с.

5. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.-293 с.

6. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. Учебное пособие. - М.: Университетская книга, Логос, 2006. - 376 с.

7. Журнал «Российские нанотехнологии» [www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

**а) программное обеспечение и Интернет –ресурсы**

1. [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru);

2. [www.confitor.ru](http://www.confitor.ru);

3. [www.nanotech.ru](http://www.nanotech.ru);

4. [pubs.acs.org](http://pubs.acs.org);

5. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com);

6. [www.springer.com](http://www.springer.com).

7. Системные программные средства: Microsoft Windows XP, Microsoft Vista.

8. Прикладные программные средства: Microsoft Office 2007 Pro, FireFox

Специализированное программное обеспечение: СДО Moodle, SunRAV BookOffice Pro, SunRAV TestOfficePro, Navigator. html, Adobe Reader 9, Lizardech DjVu Control, Abbyy Finreders 8, Statistica 7, специализированных химических программ и др.

**б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

№ п/п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	200 наименований журналов по аналитической химии в Научной электронной библиотеке, доступные ДГУ.	по IP-адресам ДГУ
2.	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/lib">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/lib</a>	Книги и журналы Научной электронной библиотеки РФФИ по аналитической химии.	по IP-адресам ДГУ
3.	<a href="http://www.rsc.org/">http://www.rsc.org/</a>	Электронные полнотекстовые журналы Королевского химического общества (Royal Society of Chemistry). Представлено 46 полнотекстовых журналов.	по IP-адресам ДГУ
4.	<a href="http://www.elsevier.ru/">http://www.elsevier.ru/</a>	Полнотекстовые материалы <a href="http://www.sciencedirect.com">ScienceDirect</a> и базы <a href="http://www.scopus.com">Scopus</a> по аналитической химии	по IP-адресам ДГУ
5	<a href="http://www.annualreviews.org/ebvc">http://www.annualreviews.org/ebvc</a>	Электронные журналы Annual Reviews по аналитической химии <a href="http://www.annualreviews.org/journals/chembioeng">http://www.annualreviews.org/journals/chembioeng</a> .	по IP-адресам ДГУ
6.	<a href="http://diss.rsl.ru/">http://diss.rsl.ru/</a>	Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) Российской государственной библиотеки (РГБ)	авторизованный доступ
7.	<a href="http://www.viniti.ru/">http://www.viniti.ru/</a>	Реферативный журнал ВИНТИ по химии	CD-диски
8.	<a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a>	Крупнейшая англоязычная реферативная база данных Inspec отражающая научные и технические публикации в области физики,	по IP-адресам ДГУ

		химии, электротехники и электроники, вычислительной техники и систем управления и др.	
9.	<a href="http://elib.dgu.ru">http://elib.dgu.ru</a>	Электронные научные и образовательные ресурсы Научной библиотеки ДГУ	доступно по локальной сети ДГУ
10.	<a href="http://edu.dgu.ru/">http://edu.dgu.ru/</a>	Электронные научные и образовательные ресурсы образовательного сервера ДГУ (учебно-методические комплексы, контрольно-измерительные материалы, электронные учебники, учебные пособия и пр.)	доступно по локальной сети ДГУ

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания обучающимся должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать аспиранта к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

Указывается перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых аспирантам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые аспирантам во время занятий:

- рабочие тетради;
- наглядные пособия;
- гlossарий (словарь терминов по тематике дисциплины);
- тезисы лекций,
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа аспирантов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать обучающихся на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретно вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);

- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации аспиранта (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Наноматериалы и нанотехнологии» используются следующие информационные технологии:

- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Занятия компьютерного тестирования.
- Компьютерные программы пакета Microsoft Office.
- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint. Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий, помещения для практических работ на группу из 12 человек, вспомогательное помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования. Учебные и научно-исследовательские лаборатории кафедры аналитической и фармацевтической химии №№ 14, 15, 16, 17, 19, 26 для проведения практических занятий оснащенные следующим оборудованием: Атомно – абсорбционный спектрометр согАА 700; Газо-жидкостный хроматограф JC-14A (Shimatzu, Япония); Спектрофлуориметрический анализатор «Флюорат- 02 Панорама»; Спектрофотометр СФ- 56 для снятия спектров УФ и видимой области, с приставкой диффузного отражения ПОД-6 и компьютерным интерфейсом; Спектрофотометр СФ- 46 для снятия спектров УФ и видимой области; Сканирующий спектрофотометр Shimadzu UV-3600; Сканирующий электронный микроскоп LEO - 1450 с микрозондовым анализатором ISYS с системой EDX; ИК-Фурье спектрометр VERTEX 70 с расширенным спектральным диапазоном; Конфокальный КР - спектрометр - микроскоп SENTERRA 785; Автоматизированный спектрометр комбинационного рассеяния света ДФС-24; Акустооптический спектрометр Рамановского рассеивания РАОС-3; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S; Лазерный атомно-эмиссионный спектрометр LAES-Matrix; Комплекс для измерения текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов "СОРБИ-MS"; Система капиллярного электрофореза «Капель-103»; Полярограф ABC 1.1; Потенциостат ПИ 50-1.

В библиотеке ДГУ и на кафедре аналитической и фармацевтической химии имеется необходимая литература, методические разработки, лекции в виде слайдов размещенные на сайте химического факультета.