

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Аннотированная рабочая программа дисциплины
Физические и физико-химические методы**

Направление подготовки
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Квалификация
Специалист

Форма обучения
Очная

Томск – 2016

1. **Код и наименование дисциплины:** Б1.В.ДВ.1.3.6 «Физические и физико-химические методы».

2. **Цель изучения дисциплины** – формирование у студентов четкого представления о существующих в настоящий момент физических и физико-химических методах анализа материалов, их теоретических основах и характеристиках, устройстве и принципах функционирования приборов, способах пробоподготовки образцов и алгоритмах интерпретации сигналов.

3. **Год/годы и семестр/семестры обучения:** 5 курс, 9 семестр

4. **Общая трудоемкость дисциплины (модуля)** составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов – занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (заполняется в соответствии с картами компетенций)**

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
Второй уровень (углубленный) (ОПК–1) – II Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	У (ОПК–1) – II – Уметь: применять знания общих и специфических закономерностей различных областей химической науки при решении профессиональных задач В (ОПК–1) – II – Владеть: навыками использования теоретических основ базовых химических дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач
Первый уровень (пороговый) (СК–1) – I способность использовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств	З (СК–1) – I – Знать: теоретические основы физических и физико-химических методов анализа веществ, принципы формирования сигнала. У (СК–1) – I – Уметь: осуществлять расшифровку сигнала и интерпретировать полученную информацию о структуре и составе исследуемого объекта.

6. Содержание дисциплины «Физические и физико-химические методы» и структура учебных видов деятельности

6.1. Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Семинары	
Введение	4	2		2
Использование рентгеновского излучения для анализа состава и структуры веществ.	6	2	2	2
Рентгенофлуоресцентный анализ	12	2	4	6
Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия				
Рентгенофазовый анализ				
Использование электронных пучков для анализа состава и структуры веществ	4	2		2
Сканирующая электронная микроскопия	14	2	4	8
Просвечивающая электронная микроскопия				
Электронно-дифракционные методы				
Использование ионных пучков для анализа состава и структуры веществ	8	2	2	4
Вторичная ионная масс-спектрометрия	8	2	2	4
Методы зондирования полями				
Сканирующая зондовая и атомно-силовая микроскопия				
ИК и КР-спектроскопия	8	2	2	4
Основные принципы выбора метода для исследования конкретных объектов	8	2	2	4
Итого:	72	18	18	36

6.2. Содержание дисциплины

Модуль 1. Зондирование фотонами

Введение Химические и физические методы анализа в сопоставлении. Виды физических воздействий на вещество и функции отклика. Классификации физических методов анализа, обобщенная схема прибора.

Использование рентгеновского излучения для анализа состава и структуры веществ. Генерация рентгеновского излучения. Устройство рентгеновской трубки, фильтрация рентгеновского излучения. Процессы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Закон Мозли. Фотоэффект, сечение фотоэффекта. Длина свободного пробега электронов. Безызлучательный переход, флуоресцентный выход. Упругое (рэлеевское) рассеяние. Эффект Комптона. Методы рентгеновского анализа.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФЛА). Рентгеновская флуоресценция, обозначение рентгеновских линий. Аппаратура, используемая в РФЛА. Детекторы рентгеновского излучения. Способы рентгено-флуоресцентного анализа. Качественный анализ, сигнатурный анализ, Количественный анализ, способы учета матричного эффекта, внутренний и внешний стандарт. Области использования и преимущества РФЛА.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Основное уравнение фотоэффекта. Вид фотоэлектронного спектра, обозначение линий. Возможности метода РФЭС, глубина анализа. Химический сдвиг, идентификация функциональных групп и электронных состояний. Оже-эффект, Оже-электронная спектроскопия. Устройство спектрометра, подготовка образцов для исследования. Интерпретация спектров.

Рентгенофазовый анализ. Элементы кристаллографии. Параметр решетки, индексы Миллера, межплоскостные расстояния. Рентгеновская дифракция. Закон Вульфа-Брэгга, определение параметров решетки. Устройство дифрактометра, методы детектирования рентгеновского излучения, расшифровка дифрактограмм. Качественный и количественный фазовый анализ. Уравнение Дебая-Шерера. Определение размера областей когерентного рассеяния. Источники ошибок в определении межплоскостных расстояний, способы их минимизации. Рентгеновский анализ текстур. Подготовка образцов для исследования.

ИК- и КР-спектроскопия. Практические аспекты. Основные принципы. Устройство и принцип действия Фурье-спектрометра. Способы получения сигнала в ИК-спектроскопии, расшифровка спектра. Принципы и преимущества КР-спектроскопии. Основные принципы выбора метода для исследования конкретных объектов.

Модуль 2. Использование электронных, ионных пучков и полей для анализа состава и структуры веществ

Свойства электронных пучков. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля, опыт Томсона. Применение микрочастиц для исследования структуры вещества. Источники и детекторы электронов. Магнитные фокусирующие линзы. Процессы, происходящие при воздействии электронов на вещество.

Сканирующая электронная микроскопия Ограничения оптической микроскопии. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа. Характеристики электронного пучка. Вторичная электронная эмиссия. Формирование изображения в первичных и вторичных электронах. Рентгенофлуоресцентный анализ в сканирующей микроскопии. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Возможности современных приборов. Совместное использование электронного и ионного пучка. Низковакуумные микроскопы. Требования к образцам.

Просвечивающая электронная микроскопия. Устройство просвечивающего

электронного микроскопа Регистрация электронов и изображения. Вакуумная система. Единицы измерения вакуума. Разрешение в электронном микроскопе. Дифракция медленных электронов. Дифракция отраженных быстрых электронов. Формирование дифракционной картины и изображений. Контраст в ПЭМ. Дифракция и микродифракция. Индексирование рефлексов. ПЭМ высокого разрешения.

Электронно-дифракционные методы. Двумерные поверхностные решетки. Двумерная обратная ячейка. Графическое построение дифракции – построение Эвальда. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Возможности метода. Аппаратура ДМЭ. Предварительный анализ картины ДМЭ. Геометрия картины ДМЭ. Реконструкция поверхности. Анализ профилей рефлексов ДМЭ. Дифракция отраженных быстрых электронов (ДБЭ, ДОБЭ). Аппаратура. Возможности метода.

Использование ионных пучков для анализа состава и структуры веществ. Взаимодействие ионов с веществом. Полевая ионная микроскопия. Ионный проектор. Ионно-нейтрализационная спектроскопия. Спектроскопия ионного рассеяния (СИР). Источники и детекторы ионов. Вторичная ионная масс-спектрометрия. Вторично-ионная эмиссия. Оборудование ВИМС. Принцип действия и устройство установок. Применения. Исследование поверхности. Глубинные профили концентрации. Распределение частиц по поверхности, микроанализ и объемный анализ

Методы зондирования полями.

Исследования в магнитном поле. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Физические принципы, оборудование, применение. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Исследования в тепловом поле. Термодесорбция, термический анализ. Сканирующая зондовая и атомно-силовая микроскопия. Взаимодействие вещества с электрическим полем. Туннелирование электронов. Туннельная микроскопия. Устройство и принцип работы туннельного микроскопа. Требования к образцам, возможности метода. Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Принцип и режимы работы атомно-силового микроскопа. Устройство атомно-силового микроскопа. Дополнительные возможности, требования к образцам. Наноинденторы

6.3. Форма промежуточной аттестации: зачет

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Основная литература

1. Фульц Б. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов / Б. Фульц, Дж. М. Хау. – М.: Техносфера, 2011. – 903 с.
2. Криштал М.М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгено-спектральный микроанализ в примерах практического применения: учеб. пособие для вузов / М.М. Криштал [и др.]. – М.: Техносфера, 2009. – 206 с.
3. Петрова Е.В. Аналитическая химия (Методы обнаружения, идентификации и разделения) Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / Е.В. Петрова [и др.]. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – 296 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Оура К. Введение в физику поверхности / К. Оура. Под ред. В.И. Сергиенко. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
2. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан. М.: Техносфера, 2006. – 380 с.
3. Праттон М. Введение в физику поверхности / М. Праттон. – Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2000. – 256 с.
4. Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. – М.: Мир «ООО Издательство АСТ», 2003. – 683 с.

7.3. Электронные ресурсы

1. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом: учебное пособие / Г.Г. Владимиров; [отв. ред. А.Д. Пузовик]. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013. – 367 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=38838 Электронное издание Доступ к полному тексту документа после регистрации пользователя на сайте <http://e.lanbook.com/> в локальной сети ТГУ
2. Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. – М.: Мир «ООО Издательство АСТ», 2003. – 683 с.
<http://sun.tsu.ru/limit/2016/000208638/000208638.pdf>
3. Рентгенофазовый анализ: учебно-методическое пособие / А.А. Ищенко, Ю.М. Киселев; Московская гос. Академия тонкой хим. технологии им. М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]
<http://sun.tsu.ru/limit/2016/000551329/00055132>
4. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение / под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга. М.: «Лаборатория знаний». 2013. – 582 с. Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб. 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/book/8689>
5. Зайцев Б. Применение ИК-спектроскопии в химии. Учебное пособие / О.В. Ковальчукова., С.Б. Страшнова. –М.: Издательство Российский университет дружбы народов. 2008. – 152 с. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20245200>

8. **Преподаватель (автор):** канд. хим. наук, доцент Т.И. Изаак