

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Толстик

2016 г.

Регистрационный № УД- 2510 /уч.

Методы исследования твердых тел

Учебная программа для специальности:
1-31 05 04 Фундаментальная химия

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 04-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. № 87, и учебного плана G 31-147/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Т.Н. Воробьева, профессор кафедры неорганической химии, доктор химических наук, профессор

Л.С. Ивашкевич, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент

О.Н. Врублевская, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета

(протокол №13 от 27.05.2016 г.)

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета

(протокол №6 от 10.06.2016 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Методы исследования твердых тел», включающая разделы «Инфракрасная спектроскопия», «Сканирующая электронная микроскопия и рентгеновский энергодисперсионный анализ», является дисциплиной по выбору. Ее изучение призвано обеспечить подготовку студентов к исследованию химического состава веществ в жидком и твердом состоянии, элементного состава, микроструктуры и морфологии твердотельных материалов разной структурной организации. К исследуемым объектам относятся растворы, суспензии, порошки, и массивные твердотельные объекты – пленки и покрытия, монокристаллы, поликристаллические и аморфные материалы, состоящие из простых веществ и разнообразных соединений.

Дисциплина носит научно-прикладной характер. Студенты изучают теоретические основы возникновения колебательных спектров и использования ИК спектров для химического анализа веществ, основы взаимодействия быстрых электронов с веществом, знакомятся с экспериментальными методами подготовки разнообразных объектов к исследованию методами ИК спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), микрорентгеноспектрального анализа, а также с принципами обработки информации, полученной этими методами, проводят учебную исследовательскую работу на примере объектов, изучавшихся в научных исследованиях сотрудников химического факультета БГУ и НИИ ФХП БГУ. Полученные знания, умения и навыки студенты могут использовать при выполнении курсовых, дипломных, научно-исследовательских работ, а также в будущей профессиональной деятельности на производстве или в лабораторных исследованиях. Успешное изучение данной дисциплины возможно при наличии знаний по дисциплинам «Химия твердого тела», «Физическая химия», «Нанохимия», «Неорганическая химия», «Кристаллохимия». Для изучения дисциплины привлекаются отдельные темы из курса физики (электричество, оптика).

Цель данной учебной дисциплины – ознакомить студентов с основными методами исследования твердых тел. **Задачами** учебной дисциплины являются:

- получение студентами фундаментальных физико-химических знаний и представлений о возникновении колебательных спектров и их связи с составом и строением ионов и молекул, о природе взаимодействия быстрых электронов с веществом и их использовании для получения информации о химическом и элементном составе вещества, включая смеси веществ, о морфологии поверхности твердофазных объектов;
- формирование у студентов научного мировоззрения, навыков и умений для проведения научных исследований и контроля качества продукции с применением современных инструментальных методов, включая такие

этапы, как грамотная постановка задачи, подготовка объектов для проведения исследований методами ИК спектроскопии, СЭМ и микрорентгеноспектрального анализа и интерпретация полученных результатов, что важно для подготовки будущих специалистов к работе в заводских лабораториях и научно-исследовательских учреждениях;

– подготовка студентов к выполнению курсовых и дипломных работ, магистерских и кандидатских диссертаций.

Выпускник университета, усвоивший спецкурс «Методы исследования твердых тел **должен**

знать:

– эффекты, возникающие при взаимодействии электромагнитного излучения и быстрых электронов с веществом, и способы их использования для получения информации о химическом и элементном составе веществ в твердом и жидком состоянии, о морфологии поверхности твердотельных объектов, форме, размерах и взаимном расположении частиц вещества;

– принципы получения ИК спектров и спектров рентгеновского излучения, возникающего под действием быстрых электронов, а также электронномикроскопических изображений и влияние разных факторов на их качество;

– способы подготовки объектов к проведению исследований методами ИК спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа;

– методы интерпретации и описания полученных при исследовании результатов;

уметь:

– ставить задачу исследования;

– подготавливать образцы разными способами для проведения исследований;

– обрабатывать полученную информацию, описывать результаты проведенного исследования;

владеть:

– навыками выбора метода и постановки задачи исследования, подготовки объектов к исследованию методами ИК спектроскопии, микрорентгеноспектрального анализа и электронной микроскопии, обработки полученной информации и описания результатов исследования.

Специалист по специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия, кроме того, должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач:

– теоретическое и экспериментальное исследование на основе современных научных представлений;

– разработка методов синтеза и анализа веществ, исследование физико-химических свойств веществ, их структуры и возможности практического использования;

- формулировка новых задач, разработка новых методов исследования, разработка новых теоретических концепций и моделей;
- освоение, совершенствование и нормативно-техническое сопровождение технологических процессов на производствах, связанным с превращениями веществ;
- рациональное использование отходов химических производств, безопасная утилизация;
- соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности;
- приобретение и творческое применение новых знаний в профессиональной деятельности, в том числе с использованием современных информационных технологий;
- обучение и повышение квалификации персонала.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательными стандартом высшего образования ОСВО1-31 05 04 Фундаментальная химия.

Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом. - АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.
- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-7. Пользоваться в равной степени двумя государственными языками Республики Беларусь и иным иностранным языком как средством делового общения.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

Научно-исследовательская деятельность

-ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

- ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии и физико-химических методов исследования.

- ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование, принимать участие в подготовке отчетов и публикаций.

- ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

Производственно-технологическая деятельность:

-ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно- технологической деятельности.

-ПК-6. На основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

-ПК-7. В составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в разработке стандартов и нормативов.

Инновационная деятельность

-ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

- ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

-ПК-10. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.

- ПК-11. Составлять договоры совместной деятельности по освоению новых технологий.

-ПК-12. Готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов интеллектуальной собственности.

Организационно-управленческая деятельность

- ПК-13. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.

-ПК-14. Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

-ПК-15. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

-ПК-16. Вести переговоры, устанавливать контакты с другими заинтересованными участниками (согласно ОСВО 1-31 05 01-2013 Химия (по направлениям))

-ПК-16. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них.

-ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

-ПК-18. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, современными средствами телекоммуникаций.

-ПК-19. Учитывать индивидуально-психологические и личностные особенности людей разных возрастов, стилей их жизнедеятельности, познавательной и профессиональной деятельности.

Необходимым условием успешного усвоения дисциплины «Методы исследования твердых тел» является систематический текущий контроль знаний студентов. Он осуществляется в форме составления отчетов по лабораторным работам и опроса студентов преподавателем по этим работам и соответствующим разделам программы курса на лабораторных занятиях, в процессе осуществления УСР, сдачи коллоквиумов компьютерной презентации результатов исследования. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала используется рейтинговая система.

Индивидуальная работа со студентами проводится в процессе выполнения ими многовариантных лабораторных работ, сдачи коллоквиума, выполнения индивидуальных письменных заданий.

Программа задает объем материала, подлежащего изучению в данном спецкурсе, и объем сведений по каждому изучаемому вопросу.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу в конце программы приведен список рекомендованной литературы.

Учебная дисциплина «Методы исследования твердых тел» преподается в 8 семестре 4 курса. Общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины, составляет 106, аудиторных часов – 52, из них 18 часов – лекционные, 8 часов – семинарские, 24 часа – лабораторные занятия и 2 часа – УСР.

Форма обучения – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Инфракрасная спектроскопия: применение в химии

1.1. Место колебательной спектроскопии среди других физических методов исследования. Инфракрасная (ИК) спектроскопия и спектроскопия комбинационного (КР) рассеяния: общие черты и различия.

Классическая задача о колебаниях многоатомных молекул. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Моделирование колебательных спектров. Естественные координаты. Коэффициенты кинематического взаимодействия. Силовые постоянные. Электрооптические параметры. Влияние эффекта Доплера на колебательный спектр.

1.2. Учет симметрии молекулы. Симметрия нормальных колебаний. Разложение колебательного представления молекул по неприводимым представлениям.

Определение симметрии и структуры молекул. Определение силовых полей (обратная колебательная задача) и проблема их неоднозначности. Использование изотопозамещения. Корреляция силовых постоянных с другими параметрами и свойствами молекул. Колебательные спектры и химическая связь.

Характеристичность нормальных колебаний. Структурно-групповой анализ. Ограничения концепции групповых частот.

1.3. Специфичность колебательных спектров. Идентификация соединений и качественный анализ смесей. Особенности анализа кристаллических веществ. Применение методов колебательной спектроскопии для количественного анализа.

Использование колебательной спектроскопии в конформационном анализе. Исследование динамической изомерии, равновесий, кинетики реакций. Заторможенное внутренне вращение. Крутильные колебания. Определение потенциальных барьеров заторможенного внутреннего вращения. Расчет колебательной составляющей термодинамических функций.

1.4. Исследование комплексов с водородными связями. Внутри- и межмолекулярные водородные связи. Правило Иогансена.

Исследование координационных соединений. Признаки комплексообразования в ИК спектрах. Влияние симметрии координации на колебательный спектр.

1.5. Техника и методики ИК спектроскопии. Классификация ИК спектрометров. Принципы устройства одно- и двухлучевых ИК спектрометров. Источники и приемники ИК излучения, монохроматоры. ИК-прозрачные материалы. Интерферометр Майкельсона, регистрация интерферограмм. Фурье спектрометры, принцип работы и преимущества.

Приготовление образцов (газообразные, жидкие, твердые). Иммерсионные среды, их роль при регистрации спектров. Метод матричной изоляции.

Нарушенное полное внутренне отражение (НПВО), использование для регистрации колебательных спектров. Элементы НПВО.

2. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия

2.1. Механизмы взаимодействия пучка электронов с мишенью в растровой электронной микроскопии (РЭМ), упругое и неупругое взаимодействие. Механизмы образования вторичных электронов, плазмонов, фононов, рентгеновского тормозного и характеристического излучения, Оже-электронов, катодolumинесценции. Области упругого и неупругого взаимодействия электронного пучка с мишенью, области генерации сигнала. Способы определения областей взаимодействия электронного пучка с мишенью.

2.2. Разрешение растрового электронного микроскопа. Виды контраста: композиционный, топографический, магнитный, потенциальный, контраст каналирования электронов.

Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа. Диапазон увеличений. Генераторы электронного пучка в РЭМ, принцип их действия, сравнительная характеристика. Детекторы вторичных, отраженных, поглощенных электронов (детектор Эверхарта-Торнли, полупроводниковый детектор). Дефекты изображения в РЭМ, способы их устранения.

2.3. Подготовка образцов для исследования методом РЭМ. Технические возможности растрового электронного микроскопа.

3. Микрорентгеноспектральный (энергодисперсионный рентгеновский) анализ

3.1. Спектр рентгеновского излучения, возникающего под действием быстрых электронов. Отбор линий для энергодисперсионного (EDX) анализа. Закон Мозли. Качественный химический (элементный) анализ вещества.

Детектирование рентгеновского излучения: кристалл-дифракционный и энергодисперсионный методы. Количественный элементный микрорентгеноспектральный анализ. Точность количественного анализа. Роль стандартов.

3.2. Подготовка образцов к EDX исследованию.

Локальный качественный и количественный элементный анализ. Изучение процессов выделения новых фаз, фазовых переходов.

4. Обработка результатов электронномикроскопического исследования

4.1. Факторы, определяющие контраст изображения, получаемого методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии. Предельное разрешение электронного микроскопа, поле зрения, глубина резкости электронного изображения, факторы, определяющие эти характеристики.

Светлопольное и темнопольное изображения, получаемая информация. Картины Муара и их использование при исследовании твердых тел. Выявление дефектной структуры образцов методом ПЭМ.

Влияние метода препарирования объектов на получаемую информацию. Выбор методики препарирования в зависимости от природы и микроструктуры исследуемых объектов. Влияние методики препарирования на контраст изображения, разрешающую способность реплик, характер получаемой информации. Влияние толщины объекта на характер получаемой информации.

4.2. Качественная и количественная обработка результатов электронномикроскопических исследований. Построение гистограмм и кривых распределения элементов изображения. Интерпретация полученных результатов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Инфракрасная спектроскопия: применение в химии	6		2	12		2	
1.1	Колебательная спектроскопия. Задача о колебаниях молекул. Описание и моделирование спектров.	2						Устный опрос
1.2	Учет симметрии молекул. Колебательные спектры и химическая связь.	2		2				Устный опрос, письменное задание
1.3	Идентификация соединений, качественный и количественный анализ смесей. Конформационный анализ.	1			4			Устный опрос, письменный отчет о лаб. работе
1.4	Исследование соединений с внутримолекулярными и межмолекулярными водородными связями и координационных соединений.	1			2		1	Контрольная работа, письменный отчет о лаб. работе
1.5	Техника и методики ИК спектроскопии. Спектрометры. Приготовление образцов.				6		1	Контрольная работа, письменный отчет о лаб. работе
2; 3	Сканирующая (растровая) электронная микроскопия. Микрорентгеноспектральный (энергодисперсионный рентгеновский) анализ	8		4	8			
2.1;	Механизмы взаимодействия	2		2				Устный

2.2	пучка электронов с мишенью. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа.						опрос, коллоквиум
3.1	Спектр рентгеновского излучения, возникающего под действием быстрых электронов. Качественный и количественный элементный анализ вещества.	2			4		Письменный отчет о лаб. работе, устный опрос
2.3; 3.2	Подготовка образцов и их исследование методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.	4		2	4		Письменный отчет о лаб. работе, компьютерная презентация результатов исследования
4	Обработка результатов электронномикроскопического исследования	4		2	4		
4.1	Влияние методики препарирования образцов и условий получения изображений на контраст и разрешение изображения.	2		2			Устный опрос, письменное задание
4.2	Качественная и количественная обработка результатов электронномикроскопических исследований.	2			4		Письменный отчет о лаб. работе, устный опрос
	Итого	18		8	24		2

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Лабораторная работа 1. Идентификация соединений методом ИК-спектроскопии, качественный и количественный анализ смесей. Изучение водородных связей соединений.

Лабораторная работа 2. Проведение конформационного анализа по ИК спектрам. Определение потенциальных барьеров внутреннего вращения.

Лабораторная работа 3. Техника и методики регистрации ИК спектров. Приготовление образцов в различных агрегатных состояниях.

Лабораторная работа 4. Подготовка образцов и их исследование методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.

Лабораторная работа 5. Качественный и количественный элементный микрорентгеноспектральный анализ вещества.

Лабораторная работа 6. Качественная и количественная обработка результатов электронномикроскопических исследований.

ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Семинар 1. Практика разложения колебательного представления по неприводимым представлениям. Определение симметрии простых молекул по колебательным спектрам.

Семинар 2. Механизмы взаимодействия пучка электронов с мишенью. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа.

Семинар 3. Подготовка образцов и их исследование методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.

Семинар 4. Влияние методики препарирования образцов и условий получения изображений на контраст и разрешение изображения.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

1. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч.1. М. Мир. 1988. 556 с.
2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М.: Высшая школа, 1987.
3. Власов А.И., Елсуков К.А., Косолапов И.А. Электронная микроскопия. Учебно-методический комплекс по тематическому направлению деятельности ННС «Наноинженерия». Москва. 2011. С. 166.
4. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в 2-ух т. Мир, 1984. С 303.
5. Кнотько А. В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела: Учеб.пособие для студентов вузов / А. В. Кнотько, И. А. Пресняков, Ю. Д. Третьяков. М.: Академия, 2006. 304 с.
6. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991.
7. Оджаев В.Б., Свиридов Д.В., Карпович И.А., Понарядов В.В. Современные методы исследования конденсированных материалов. Минск: БГУ, 2003.
8. Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. Москва, Техносфера, 2008. С.232.
9. Трофимов А.Н., Кузнецова Я.В. Взаимодействие электронного пучка с образцом: Вводная часть к пособиям по лабораторным работам РЭМ, РСМА, КЛ. С.-Петербург. 2011. С.15.
10. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. Учебник для вузов. М. Металлургия. 1982. 632 с.
11. Хохштрассер Р. Молекулярные аспекты симметрии. М.: Мир, 1968.
12. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. М. Мир. 1972.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Тема: Инфракрасная спектроскопия: применение в химии.

Задание 1. Определить задачи, решаемые методом колебательной спектроскопии.

Задание 2. Описать ИК спектр заданного вещества.

Задание 3. Идентифицировать соединение по его ИК спектру.

Задание 4. Провести качественный и количественный анализ смеси.

Задание 5. Описать технику и методики регистрации ИК спектров. Способы приготовления образцов для исследования. Иммерсионные среды.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии.
2. Письменное задание.
3. Письменный отчет о лабораторной работе.
4. Контрольная работа.

Тема: Сканирующая электронная микроскопия. Микрорентгено-спектральный анализ.

Задание 1. Рассмотреть механизмы взаимодействия пучка электронов с мишенью.

Задание 2. Описать устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа, приставки для элементного анализа.

Задание 3. Провести качественный вещества и количественный элементный анализ по спектру рентгеновского излучения.

Задание 4. Подготовить образцы и исследовать их методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.

Задание 5. Провести компьютерную презентацию результатов исследования по заданию 4.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос на семинарском занятии.
2. Письменное задание.
3. Коллоквиум.
4. Письменный отчет о лабораторной работе.
5. Компьютерная презентация результатов исследования.

Тема: Обработка результатов электронномикроскопического исследования.

Задание 1. Рассмотреть влияние методики препарирования образцов и условий получения изображений на контраст и разрешение изображения.

Задание 2. Провести качественную и количественную обработку результатов ПЭМ, СЭМ и EDX исследований.

Перечень средств диагностики:

1. Устный опрос.
2. Письменное задание.
3. Письменный отчет о лабораторной работе.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ по темам:
 - 1.1. Колебательная спектроскопия. Задача о колебаниях молекул. Описание и моделирование спектров.
 - 1.2. Учет симметрии молекул Колебательные спектры и химическая связь.
 - 1.3. Идентификация соединений, качественный и количественный анализ смесей. Конформационный анализ.
 - 2.1. Механизмы взаимодействия пучка электронов с мишенью.
 - 2.2. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа.
 - 3.1. Спектр рентгеновского излучения, возникающего под действием быстрых электронов.
 - 4.1. Влияние методики препарирования образцов и условий получения изображений на контраст и разрешение изображения.
 - 4.2. Обработка результатов электронномикроскопических исследований.
2. Коллоквиум по темам:
 - 2.1 Механизмы взаимодействия пучка электронов с мишенью.
 - 2.2. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа.
3. Письменное задание по темам:
 - 1.2. Учет симметрии молекул Колебательные спектры и химическая связь.
 - 4.1. Влияние методики препарирования образцов и условий получения изображений на контраст и разрешение изображения.
4. Контрольная работа по темам:
 - 1.4. Исследование соединений с внутримолекулярными и межмолекулярными водородными связями и координационных соединений.
 - 1.5. Техника и методики ИК спектроскопии. Спектрометры. Приготовление образцов.
5. Письменный отчет о лабораторной работе по темам:
 - 1.3. Идентификация соединений, качественный и количественный анализ смесей. Конформационный анализ.
 - 1.4. Исследование соединений с внутримолекулярными и межмолекулярными водородными связями и координационных соединений.
 - 1.5. Техника и методики ИК спектроскопии. Приготовление образцов.
 - 3.1. Качественный и количественный элементный анализ вещества методом EDX.

2.3 и 3.2. Подготовка образцов и их исследование методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.

4.2. Качественная и количественная обработка результатов электронномикроскопических исследований.

6. Компьютерная презентация результатов исследования по темам:

2.3 и 3.2. Подготовка образцов и их исследование методами ПЭМ, РЭМ и энергодисперсионного элементного анализа.

7. Зачет.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химия твердого тела	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №13 от 27.05.2016 г.
Нанохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №13 от 27.05.2016 г.
Физическая химия	Кафедра физической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №9 от 14.04.2016 г.
Неорганическая химия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №11 от 12.04.2016 г.
Кристаллохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Вносить изменения не требуется. Протокол №11 от 12.04.2016 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
член-корр. НАН Беларуси _____ Д.В. Свиридов

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси _____ Д.В. Свиридов