

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н. Здрок

« 2 » июля 2020 г.

Регистрационный № УД-8264/уч.

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

Направления специальности:

1 31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

1-31 05 01-02 Химия (научно-педагогическая деятельность)

1-31 05 01-03 Химия (фармацевтическая деятельность)

1-31 05 01-04 Химия (охрана окружающей среды)

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

1-31 05 03 Химия высоких энергий

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2013, 1-31 05 02-2013, 1-31 05 03-2013, 1-31 05 04-2013 и учебных планов №G 31-155/уч., №G 31-152/уч., №G 31-153/уч., №G 31-154/уч., №G 31-145/уч., №G 31-146/уч., №G 31-147/уч. от 30.05.2013 г., а также также №G 31и-201/уч., №G 31и-202/уч., №G 31и-203/уч., №G 31и-204/уч. от 30.05.2014 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д.В. СВИРИДОВ, профессор кафедры неорганической химии, химического факультета БГУ, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Б. ОДЖАЕВ, заведующий кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

А.И. КУЛАК, директор ГНУ «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси» (ИОНХ НАН Беларуси), доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета

(протокол №14 от 04.05.2020 г.)

Научно-методическим Советом БГУ

(протокол № 5 от 17.06.2020 г.)

Зав. кафедрой _____ Василевская Е.И.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – обеспечить понимание студентами принципиальных основ и практических возможностей физических методов исследования, присущих им ограничений, познакомить с аппаратным оформлением и условиями проведения исследований, развить навыки интерпретации и грамотной оценки получаемых экспериментальных данных.

Задачи учебной дисциплины:

1. Познакомить студентов с основами важнейших физических методов, используемых в химии.
2. Очертить перед студентами круг актуальных задач, решаемых с использованием физических методов исследования.
3. Показать место исследований, проводимых с использованием физических методов исследования для решения конкретных практико-ориентированных химических задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра). Учебная дисциплина «Физические методы исследования» призвана сформировать у студентов целостную картину об основных принципах важнейших экспериментальных методов, используемых для решения химических задач и традиционно относящихся к физическим методам исследования, то есть базирующихся на изучении характера взаимодействия электромагнитного либо корпускулярного зондирующего излучения с веществом.

Учебная дисциплина относится к циклу общенаучных и общепрофессиональных дисциплин компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др. Учебная дисциплина «Физические методы исследования» базируется на материале, представленном в курсах «Неорганическая химия», «Кристаллохимия», «Органическая химия», «Физическая химия» и использует в качестве теоретической основы содержание курсов математики, физики, квантовой механики и квантовой химии, изучавшихся студентами на протяжении многих семестров, и позволяет установить необходимые рекурсивные взаимосвязи с проблематикой базовых химических курсов.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физические методы исследования» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

Для студентов специальности 1-31 05 01 Химия (по направлениям):

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

социально-личностные компетенции:

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

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, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

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

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

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-17. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них.

ПК-18. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Для студентов специальности 1-31 05 02 Химия лекарственных соединений:

академические компетенции:

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.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, владеть приемами информационного поиска и анализа, а также оценивать перспективы и направления развития химии, биотехнологии, фармации и экологии.

ПК-2. Проводить научные исследования, связанные с совершенствованием и развитием химии, биотехнологии, фармации и экологии.

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.

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

ПК-6. Анализировать параметры технологических режимов и технического состояния оборудования, выявлять причины не оптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

ПК-7. Разрабатывать технологическую документацию, участвовать в разработке стандартов, технических условий и нормативов.

ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации о новейших фундаментальных и прикладных разработках, а также инновационных технологиях.

ПК-9. Анализировать научную, научно-техническую, нормативную и справочную литературу, включая электронные базы данных.

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

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

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

ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

Для студентов специальностей 1-31 05 03 Химия высоких энергий и 1-31 05 04 Фундаментальная химия:

академические компетенции:

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 вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).

социально-личностные компетенции:

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

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, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

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

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основы важнейших физических методов, используемых в химии;
- характер научных задач, решаемых с использованием физических методов исследования;
- характер данных, получаемых с помощью физических методов исследования;
- основные требования, предъявляемые к образцам;
- основные подходы к интерпретации полученных данных и основные ограничения физических методов исследования.

уметь:

- делать сознательный выбор оптимальных методов для решения конкретных химических задач;
- правильно интерпретировать данные измерений, выполненных с использованием физических методов исследования;
- делать заключения о составе образца и характере происходящих в нем химических превращений на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных.

владеть: основными компетенциями, присущими современному химику-исследователю.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Физические методы исследования» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 138 часов (специальность 1-31 05 01 Химия (по направлениям) – 150 часов), в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 46 часов, семинарские занятия – часов 16 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1.1. Классификация методов.

Раздел 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Тема 2.1. Вторично-ионная масс-спектрометрия.

Тема 2.2. Обратное резерфордовское рассеяние.

Тема 2.3. Методы ядерных реакций.

Тема 2.4. Оже-электронная спектроскопия.

Тема 2.5. Электронный микрозонд.

Тема 2.6. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия.

Тема 2.7. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия: примеры применения.

Тема 2.8. EXAFS.

Тема 2.9. Сопоставление возможностей методов исследования поверхности.

Раздел 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ

Тема 3.1. Сканирующая туннельная микроскопия.

Тема 3.2. Атомно-силовая микроскопия.

Раздел 4. МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Тема 4.1. Масс-спектрометрия органических соединений.

Раздел 5. КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Тема 5.1. ИК-спектроскопия, общие принципы.

Тема 5.2. ИК спектроскопия органических соединений.

Тема 5.3. Спектроскопия комбинационного рассеяния.

Раздел 6. РЕЗОНАНСНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тема 6.1. Спектроскопия МР: общие принципы.

Тема 6.2. Использование ЯМР спектроскопии для решения химических задач.

Тема 6.3. Спектроскопия ЭПР: общие принципы.

Тема 6.4. Использование ЭПР спектроскопии для решения химических задач.

Раздел 7. МЕССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Тема 7.1. Эффект Мессбауэра и γ -резонансная ядерная флуоресценция.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1	Классификация методов	2		2			2	Реферат
2.1.	Вторично-ионная масс-спектрометрия	2		1				Тест
2.2	Обратное резерфордовское рассеяние	2		1				Тест
2.3	Методы ядерных реакция	2		1				Устный опрос
2.4	Оже-электронная спектроскопия	2		1				Тест
2.5	Электронный микронзонд	2		1				Устный опрос
2.6	Рентгенофотоэлектронная спектроскопия	2					2	Открытые эвристические задания креативного типа на образовательном портале
2.7	Рентгенофотоэлектронная спектроскопия: примеры применения	2		1				Тест
2.8	EXAFS	2						Тест
2.9	Сопоставление возможностей методов исследования поверхности	2						Проект (эссе) на образовательном портале
3.1.	Сканирующая туннельная микроскопия	2						Устный опрос
3.3	Атомно-силовая микроскопия	2						Устный опрос

4.1	Масс-спектрометрия органических соединений	2		2			2	Коллоквиум
5.1	ИК-спектроскопия, общие принципы	2						Коллоквиум
5.2	ИК спектроскопия органических соединений	4		1				Тест
5.3	Спектроскопия комбинационного рассеяния	2		1				Тест
6.1	Спектроскопия ЯМР: общие принципы	4						Коллоквиум
6.2	Использование ЯМР спектроскопии для решения химических задач	2		2				Устный опрос
6.3	Спектроскопия ЭПР: общие принципы	2						Устный опрос
6.4	Использование ЭПР спектроскопии для решения химических задач	2		2				Контрольная работа
7.1.	Эффект Мессбауэра и γ -резонансная ядерная флуоресценция	2						Коллоквиум
	ВСЕГО:	46		16			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии / А.Т. Лебедев. – М.: Техносфера, 2015. – 704 с.
2. Шабанов Н.И., Липкович И.Э., Орищенко И.В. Основы научных исследований: учебное пособие / Н.И. Шабанов, И.Э. Липкович, И.В. Орищенко. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 85 с.
3. Частицы и атомные ядра: Учебник / Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2017. – 584 с.
4. Ярышев Н.Г., Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе : Учебное пособие / Н. Г. Ярышев, Ю. Н. Медведев, М. И. Токарев, А. В. Бурихина, Н. Н. Камкин - М. : Прометей, 2015. - 196 с.
5. Физические методы исследования в химии : учебное пособие / В.В. Луков, И.Н. Щербаков ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-дону : Издательство Южного федерального университета, 2016. – 216 с.
6. Лекции по спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Часть 1 (вводный курс) / Устынюк Ю.А. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 288 с.
7. Ельяшевич, М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия : общие вопросы спектроскопии / М. А. Ельяшевич ; предисл. Л. А. Грибов - Изд. стер. - Москва : URSS, Москва : ЛИБРОКОМ, 2017. - 236 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Драго Р. Физические методы в химии / Р. Драго. в 2 т. – М: Мир, 1981. – 431с.
2. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. – М: Высш. школа, 1987. – 366 с.
3. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических молекул / К. Наканиси. – М: Мир, 1965. – 216 с.
4. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. – М: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – 590 с.
5. Прикладная инфракрасная спектроскопия / под ред. Д.Кендалла. – М: Мир, 1970. – 376 с.
6. Грассели Дж., Снеивили М., Балкин Б. Применение спектроскопии КР в химии / Дж. Грассели, М. Снеивили, Б. Балкин. – М: Мир, 1984. – 216 с.
7. Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии / О.В. Свердлова. – Л: Химия, 1985. – 248 с.
8. Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии / К. Бенуэлл. – М:

Мир, 1985. – 364 с.

9. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. – М: Высшая школа, 1989. – 288 с.

10. Гюнтер Ю.Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР / Ю.Х. Гюнтер. – М: Мир, 1984. – 478 с.

11. Зенкевич И.Г., Иоффе Б.В. Интерпретация масс-спектров органических соединений / И.Г. Зенкевич, Б.В. Иоффе. – Л: Химия, 1986. – 174 с.

12. Будзикевич Г., Джерасси К., Уильяме Д. Интерпретация масс-спектров органических соединений / Г. Будзикевич, К. Джерасси, Д. Уильяме. – М: Мир, 1966. – 323 с.

13. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических молекул / Б.В. Иоффе, Р.Р. Костиков, В.В. Разин. – Л: Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. – 344 с.

14. Методы анализа поверхностей / под ред. А. Зандерны. – М: Мир, 1979. – 344 с.

15. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок / Л. Фелдман, Д. Майер. – М: Мир, 1989. – 344 с.

16. Карлсон Л. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия / Л. Карлсон. – Л: Машиностроение, 1981. – 431 с.

17. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Моррисон. – М: Мир, 1980. – 487 с.

18. Анализ поверхности методами. Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / под ред. Д. Бриггса и М.П. Сиха. – М: Мир, 1987. – 600 с.

19. Нефедов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений / В.И. Нефедов. – М: Химия, 1984. – 256 с.

20. Черепин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхности материалов / В.Т. Черепин, М.А. Васильев. – Киев: Наукова думка, 1982. – 399 с.

21. Комаров Ф.Ф., Кумахов М.А., Ташлыков И.С. Неразрушающий анализ поверхностей твердых тел ионными пучками / Ф.Ф. Комаров, М.А. Кумахов, И.С. Ташлыков. – М: Университетское, 1987. – 256 с.

22. Рентгеноспектральный метод изучения структуры аморфных тел // под ред. Г.М. Жидомирова. – Новосибирск: Наука, 1987. – 346 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Реферат. При оценивании реферата обращается внимание на: содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления и т.д.

Проект (эссе) на образовательном портале. Оценка эссе формируется на основе следующих критериев: оригинальность (новизна) постановки проблемы и способа ее интерпретации/решения, самостоятельность и аргументированность суждений, грамотность и стиль изложения и т.д.

Контрольная работа. Оценка за контрольную работу формируется с учетом правильности и полноты ответа на теоретические вопросы, способа решения расчетных задач, аргументированности полученных значений.

Открытые эвристические задания креативного типа. При оценке эвристического задания необходимо учитывать: самобытность (оригинальность) созданного образовательного продукта (предложенного решения проблемы), описание изучаемого феномена с разных сторон, интегрирование знаний из различных областей, личностная значимость достигнутых результатов.

Устный опрос. При оценивании ответа при устном опросе обращается внимание на: содержание и полноту ответа, структуру и последовательность изложения.

Коллоквиум. Оценка за ответы на коллоквиуме включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики и т.д.

Тест. Оценка за тест формируется, исходя из количества верных ответов в тесте.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физические методы исследования» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- ответы на семинарских занятиях – 10 %;
- открытые эвристические задания креативного типа – 20 %;
- выполнение тестов – 5%;
- устные ответы – 5%;
- написание эссе – 10 %;
- подготовка реферата – 10 %;
- коллоквиумы – 10 %;
- выполнение контрольных работ – 30 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 30 %, оценка на экзамене – 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.1. Классификация методов.

Составить аналитический отчет (обзор) научной литературы по основным принципам классификации физических методов исследования с особым вниманием к одному из принципов, выбранному на усмотрение студента.

(Форма контроля – реферат).

Тема 2.6. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия

Каждой группе учащихся (3-5 студентов) предлагается один из описанных в научной литературе композиционных материалов, обладающий уникальными свойствами. С применением метода «мозгового штурма» необходимо проанализировать применение метода рентгенофотоэлектронной спектроскопии для установления взаимосвязи структуры данного материала и его уникальных свойств. Работа происходит в виде трех этапов: генерирование идей; анализ и оценка идей; генерирование контридей. На этапе генерации идей любая критика запрещена. В качестве ответа на задание необходимо предоставить не менее трех идей, которые не были отвергнуты критическими замечаниями и контридеями, а также пути модификации композиционного материала, позволяющие увеличить количество информации, полученной о нем методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии. В качестве приложения также необходимо предоставить все сгенерированные идеи и контридеи, систематизированные по общим принципам и подходам, и критические замечания к ним.

(Форма контроля – открытые эвристические задания креативного типа на образовательном портале).

Тема 4.1. Масс-спектрометрия органических соединений.

Составить аналитический отчет (обзор) научной литературы по основным принципам проведения исследований органических соединений с помощью масс-спектрометрии.

(Форма контроля – коллоквиум на форуме образовательного портала).

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1. «Классификация методов».

Семинар № 2. «Вторично-ионная масс-спектрометрия. Обратное резерфордское рассеяние».

Семинар № 3. «Методы ядерных реакций. Оже-электронная спектроскопия».

Семинар № 4. «Электронный микронзонд. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия. Рентгенофотоэлектронная спектроскопия: примеры применения. EXAFS».

Семинар № 5. «Масс-спектрометрия органических соединений».

Семинар № 6. «ИК спектроскопия органических соединений. Спектроскопия комбинационного рассеяния».

Семинар № 7. «Использование ЯМР спектроскопии для решения химических задач».

Семинар № 8. «Использование ЭПР спектроскопии для решения химических задач».

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется: *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление студентами личностно-значимых открытий окружающего мира;

- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;

- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;

- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

метод проектного обучения, который предполагает:

- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих и предпринимательских задач.

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине используются современные информационные ресурсы: на образовательном портале educhem.bsu.by размещен комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов):

Темы реферативных работ

1. Сопоставление методов *in situ* и *ex situ* по чувствительности и разрешающей способности.
2. Времяпролетный масс-спектрометр.
3. Разрешающая сила современных масс-спектрометров.
4. Изучение механизма реакций с использованием масс-спектрометрии.
5. Основные факторы, влияющие на формирование масс-спектра.
6. Концепция групповых колебаний и ее роль в формировании колебательной спектроскопии.
7. Влияние взаимодействия между различными функциональными группами на положение линий в ИК спектре.
8. Особенности количественных спектрофотометрических измерений в ИК-диапазоне.
9. Рассеяние света и эффект комбинационного рассеяния.
10. Сравнение методов КР- и ИК-спектроскопии.
11. КР-микросонд.
12. Расщепление уровней энергии ядер в магнитном поле.
13. Устройство спектрометра ЯМР.
14. Влияние спин-спинового взаимодействия на тонкую структуру спектра ЯМР.
15. ЯМР спектры первого и второго порядков.
16. Общие принципы расшифровки спектров ЯМР при проведении структурного анализа. ЯМР на ^{13}C и других ядрах.
17. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним или несколькими ядрами.
18. ЭПР спектры парамагнитных ионов.
19. Примеры использования метода ЭПР: определение свободных радикалов и других парамагнитных центров, спиновые метки.
20. Устройство спектрометра для получения мессбауэровских спектров.
21. Устройство оборудования для масс-спектрометрии вторичных ионов.
22. Масс-спектрометрия вторичных нейтральных частиц.

23. Принципы определения поверхностного состава массивных мишеней и тонких поверхностных пленок с помощью обратного резерфордовского рассеяния.

24. Использование явлений резонансного возбуждения ядерных реакций и реакций, возбуждаемых тепловыми нейтронами, для реконструкции глубинных профилей распределения примесей.

25. Влияние эффектов рассеяния электронов и вторичной рентгенофлуоресценции на пространственное разрешение метода электронного микрозонда.

26. Возможности количественного анализа с помощью оже-электронной спектроскопии.

27. Сечение фотоэффекта и количественный анализ с использованием метода РФЭС.

28. Примеры использования метода РФЭС в химии.

29. Примеры использования EXAFS-спектроскопии.

30. Совмещение электронной микроскопии с другими методами исследования поверхности твердого тела.

31. Проявления атомно-силовых явлений в СТМ.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Общая характеристика и классификация физических методов исследования, их возможности и области применения. Методы *in situ* и *ex situ*. Взаимная комплиментарность различных методов.
2. Устройство масс-спектрометра (системы напуска, ионизации, ускорения и магнитной сепарации). Разрешающая сила масс-спектрометров.
3. Основные факторы, влияющие на формирование масс-спектра (потенциалы появления, характер фрагментации, сопровождающие фрагментацию перегруппировки, возможность выделения стабильных молекул, изотопный состав исходной молекулы).
4. Применение масс-спектрометрии.
5. Хромато-масс-спектрометры.
6. Особенности поглощения ИК-излучения. Модель гармонического осциллятора. Характеристические частоты. Нормальные координаты и нормальные колебания.
7. Общее число колебаний в случае многоатомной молекулы. Валентные и деформационные колебания. Колебания в молекуле воды. Валентные и деформационные колебания в случае метильной и метиленовой групп.
8. Связь между ИК-спектром и строением молекул.
9. ИК-спектры предельных углеводородов, сопряженных углеводородов, ароматических углеводородов, гидроксилсодержащих соединений, соединений, содержащих карбоксильную группу.
10. Влияние взаимодействия между различными функциональными группами, влияние растворителя на положение линий в ИК спектре.
11. ИК-спектроскопия неорганических соединений: двухатомные, трехатомные линейные, трехатомные изогнутые и четырехатомные пирамидальные молекулы.
12. Метод НПВО.
13. Основные принципы КР-спектроскопии.
14. Устройство спектрометра комбинационного рассеяния. Требования к образцам.
15. Расщепление уровней энергии ядер в магнитном поле.
16. Устройство спектрометра ЯМР.
17. Химические сдвиги в спектре ЯМР и их использование для идентификации химических групп.
18. Влияние спин-спинового взаимодействия на тонкую структуру спектра ЯМР.
19. Влияние условий съемки на спектр ЯМР.
20. Общие принципы расшифровки спектров ЯМР при проведении структурного анализа.
21. Исследование структуры комплексных соединений методом ЯМР.
22. Изучение быстро протекающих процессов (протонный обмен, таутомерия) методом ЯМР.

23. Объекты, исследуемые методом ЭПР. Принципы метода ЭПР, g-фактор.
24. Устройство спектрометра ЭПР. Требования к пробам. Эталоны в спектроскопии ЭПР.
25. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним или несколькими ядрами.
26. Форма линий ЭПР. Уширение линий в спектре ЭПР.
27. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксации. Зависимость времени релаксации от быстроты молекулярного движения.
28. Эффект Мессбауэра и γ -резонансная ядерная флуоресценция. Энергия испускаемых и поглощаемых γ -квантов.
29. Устройство спектрометра для получения мессбауэровских спектров. Природа химических сдвигов.
30. Роль квадрупольных взаимодействий в формировании мессбауэровского спектра.
31. Получение информации о симметрии расположения атомов окружения относительно центрального атома в комплексных соединениях с помощью мессбауэровской спектроскопии.
32. Теоретические основы взаимодействия ионного пучка с твердым телом.
33. Механизмы ядерного и электронного торможения. Каскадный механизм распыления. Выходы распыления и ионизации.
34. Явления нейтрализации вторичных ионов за счет резонансного туннелирования и влияние хемосорбции кислорода на выход вторичных ионов.
35. Принципы метода ВИМС.
36. Устройство оборудования для масс-спектрометрии вторичных ионов.
37. Основные факторы, определяющие структуру спектра вторичных ионов (изотопный состав мишени, образование кластеров и многозарядных ионов, образование оксо-комплексов и гидридов).
38. Масс-спектрометрия вторичных нейтральных частиц.
39. Вторично-ионная масс-спектрометрия. Избирательное распыление элементов и анализ их распределения по глубине. Изменение состава многокомпонентной мишени в процессе распыления.
40. Вторично-ионная масс-спектрометрия. Уширение концентрационных профилей в области внутренних границ раздела вследствие ионного перемешивания.
41. Принципы метода обратного резерфордовского рассеяния.
42. Форма спектра обратного резерфордовского рассеяния и особенности его структуры в случае многослойных мишеней.
43. Принципы определения поверхностного состава массивных мишеней и тонких поверхностных пленок.
44. Временная шкала спонтанных и индуцированных ядерных процессов.

45. Активационные и мгновеннорадиационные методы ядерного анализа.
46. Использование явлений резонансного возбуждения ядерных реакций и реакций, возбуждаемых тепловыми нейтронами, для реконструкции глубинных профилей распределения примесей.
47. Механизм возникновения характеристического рентгеновского излучения при зондировании поверхности твердого тела потоком электронов.
48. Правила отбора для излучательных рентгеновских переходов.
49. Варианты реализации электронно-зондового микроанализа: спектроскопия с дисперсией по энергии на основе барьерного детектора и спектроскопия с дисперсией по длине волны с использованием дифракционного кристаллического анализатора.
50. Глубина выхода рентгеновского излучения. Тормозное излучение как фактор, определяющий предельную чувствительность электронного микронзонда.
51. Влияние эффектов рассеяния электронов и вторичной рентгенофлуоресценции на пространственное разрешение метода электронного микронзонда.
52. Энергетический спектр электронов, рассеянных поверхностью твердого тела.
53. Природа Оже-переходов и их классификация. Переходы Костера-Кронига.
54. Соотношение выходов Оже-электронов и рентгеновской флуоресценции.
55. Химические сдвиги в Оже-электронном спектре.
56. Принципы метода Оже-электронной спектроскопии. Устройство спектрометра.
57. Особенности анализа Оже-электронного спектра.
58. Получение профилей глубинного изменения концентрации с помощью Оже-спектроскопии. Возможности количественного анализа.
59. Принципы метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
60. Энергетический спектр фотоэлектронов и основные элементы его структуры.
61. Устройство спектрометра РФЭС: источники излучения, рентгеновские монохроматоры, цилиндрический зеркальный анализатор и анализатор отклоняющего типа.
62. Сдвиги энергии связи внутренних электронов в РФЭС в зависимости от химического окружения центрального атома и их аналитическое значение.
63. Природа сателлитов в фотоэлектронном спектре.
64. Влияние эффектов зарядки на фотоэлектронный спектр. Сечение фотоэффекта и количественный анализ с использованием метода РФЭС.
65. Природа растянутой тонкой структуры рентгеновского поглощения вблизи высокоэнергетического края К-полосы поглощения и содержащаяся в ней структурная информация.

66. Реконструкция функции радиального распределения для ближайших координационных сфер с использованием Фурье-преобразования EXAFS-спектра по волновому вектору.

67. Просвечивающая и сканирующая электронные микроскопии.

68. Принципы метода, требования к образцам и особенности препарирования в СЭМ и ПЭМ.

69. Принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Требования к туннельному зонду.

70. Топографический режим и сканирующая туннельная спектроскопия. Абсолютная калибровка масштабов трехмерного СТМ-изображения.

71. Особенности СТМ-исследования модельных углеродных поверхностей, поверхности металлов, металлических кластеров и малых частиц, процессов адсорбции.

72. СТМ-исследование реальных поверхностей в контакте с водными растворами, сканирующая туннельная микроскопия адатомных слоев и начальных стадий электроосаждения металлов.

73. Атомно-силовая микроскопия: устройство микроскопов, требования к образцу. Фрикционные измерения.

74. Проявления атомно-силовых явлений в СТМ. Микроскопия ближней зоны.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Строение вещества	Кафедра неорганической химии	Изменения не требуются	Программы согласованы, протокол №14 от 04.05.2020 г.
Теоретические основы неорганической химии	Кафедра неорганической химии	Изменения не требуются	Программы согласованы, протокол №14 от 04.05.2020 г.
Фундаментальные проблемы химии	Неорганической химии	Изменения не требуются	Программы согласованы, протокол №14 от 04.05.2020 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУ-
ЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

к.х.н., доцент _____

_____ Е.И Василевская _____

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д.х.н, профессор,

член-корр НАН Беларуси _____

_____ Д.В. Свиридов _____