

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

УТВЕРЖДАЮ

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



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Физические методы исследований в химии

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):
04.04.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Физическая химия

Форма обучения:
очная

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

Москва 2019

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

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

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

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ОПК-2.М. Способен проводить критический анализ научной информации, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области исследований на основе современных теорий и концепций химии и (или) смежных наук</p>	<p>ОПК-2.М.1 Проводит критический анализ научной информации в выбранной области химии и (или) смежных наук, оценивает корректность использованных методов и надежность полученных результатов, перспективы их практического применения</p>	<p>Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, Уметь: самостоятельно составлять план исследования Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p>
<p>СПК-1.М. Способен использовать теоретические основы современных физико-химических методов исследования и анализа систем различной природы при решении практических задач</p>	<p>СПК-1.М.1. При изучении систем различной природы выбирает физико-химические методы исследования, адекватные поставленной задаче</p>	<p>Знать: теоретические основы современных методов исследования структуры и свойств веществ Уметь: выбирать направление экспериментального физико-химического исследования, адекватное поставленной задаче Уметь: применить теоретические основы современных физико-химических методов при анализе и представлении материала научного сообщения на заданную тему</p>
	<p>СПК-1.М.2 Оценивает достоверность и корректность физико-химической информации, аргументирует свою точку зрения</p>	<p>Уметь: оценить возможные источники ошибок при изучении систем различной природы с помощью инструментальных методов физической химии (молекулярная спектроскопия, термический анализ, микроскопия высокого разрешения, методы анализа поверхности и пр.) Владеть: навыками статистической обработки данных физико-химического эксперимента</p>
<p>СПК-2.М. Способен проводить экспериментальные исследования в избранной области физической химии с использованием серий-</p>	<p>СПК-2.М.1. Готовит образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изу-</p>	<p>Уметь: готовить образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изучаемых объектов Уметь: грамотно спланировать физико-химический экспери-</p>

ных и оригинальных установок для определения физико-химических свойств веществ	чаемых объектов	мент Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области физической химии
	СПК-2.М.2 Использует серийные и оригинальные установки для определения физико-химических свойств веществ, необходимые для решения актуальных задач химической направленности	Владеть: навыками работы на современном научном оборудовании для определения физико-химических свойств веществ
СПК-3.М. Способен использовать физические и математические модели с учетом их возможностей и ограничений при планировании исследований, обработке и интерпретации данных в избранной области физической химии	СПК-3.М.1. Выбирает адекватные физические и математические модели для описания физико-химических систем, проводит их параметризацию	Знать: возможности и ограничения расчетных методов квантовой химии при решении практических задач Владеть: навыками использования профессиональных баз данных для получения информации, необходимой для физико-химического моделирования систем разной природы
	СПК-3.М.2 Использует профессиональные базы данных и программные продукты для решения физико-химических задач	Владеть: навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов интернета; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации при решении физико-химических задач

3. Объем дисциплины (модуля) составляет **4** зачетных единицы, всего **144** часа, из которых **80** часа составляет контактная работа студента с преподавателем (**38** часов занятия лекционного типа, **38** часа – занятия семинарского типа, **4** часа – промежуточный контроль успеваемости), **64** часа составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен:

знать: основные этапы развития физической химии, важнейшие физические методы

уметь: вести дискуссию по вопросам истории и методологии науки вообще и физической химии в частности; применять информационные и компьютерные технологии при поиске информации

владеть: Навыками использования базовых знаний дисциплин физико-математического цикла при решении проблем физической химии, в том числе с привлечением информационных баз данных.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Физические модели атомов и молекул.	6	2	2				4			2
Тема 2. Методы определения физических свойств веществ и материалов.	6	2	2				4			2
Тема 3. Методы масс-спектрометрии.	4	1	1				2			2
Тема 4. Корреляция между молекулярной структурой и масс-спектрами.	4	1	1				2			2
Тема 5. Методы определения электр...	4	1	1				2			2

трических дипольных моментов молекул.										
Тема 6. ЯМР	3	1	1				2			1
Тема 7. Рентгеноструктурный анализ.	3	1	1				2			1
Тема 8. Метод газовой электронографии.	8	3	3				6			2
Тема 9 Методы вращательной спектроскопии.	16	7	7				14			2
Тема 10. Термические методы анализа	6	2	2				4			2
Тема 11. Основы спектральных методов исследования	6	2	2				4			2
Тема 12. Методы атомной спектроскопии	6	2	2				4			2
Тема 13. Методы колебательной спектроскопии	8	3	3				6			2
Тема 14. Спектрофотометрия	8	3	3				6			2
Тема 15. Спектрофлуориметрия	6	2	2				4			2
Тема 16. Рентгеновские методы исследования.	6	2	2				4			2

Тема 17. Методы электронной микроскопии.	8	3	3				6			2
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	36					4	4			32
Итого	144	38	38			4	80			64

Содержание разделов:

Тема 1. Физические модели атомов и молекул. Методы определения физических свойств. Физическая теория метода. Общая характеристика и классификация методов. Спектроскопические, дифракционные, электрические и магнитные методы. Чувствительность и разрешающая способность метода. Характеристическое время метода. Интеграция методов.

Тема 2. Методы определения физических свойств веществ и материалов. Общая характеристика и классификация методов. Энергетические характеристики методов. Зависимость частоты перехода краев поглощения или линий испускания от величины порядкового номера элемента (закон Мозли).

Тема 3. Методы масс-спектрометрии. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Комбинированные методы. Ионный ток и сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Вертикальные и адиабатические электронные переходы. Диссипативная ионизация. Типы ионов в масс-спектрометрах. Применение масс-спектрометрии.

Тема 4. Корреляция между молекулярной структурой и масс-спектрами. Измерение потенциалов появления ионов и определение потенциалов ионизации и энергии разрыва связей. Идентификация вещества. Роль разрешения, потенциалов появления, методов ионизации, метастабильных ионов. Таблицы массовых чисел.

Тема 5. Методы определения электрических дипольных моментов молекул. Взаимодействие полярной молекулы с электростатическим полем. Ориентационная поляризация и ее связь с диэлектрической проницаемостью и дипольным моментом молекул; классический и квантовомеханический подходы к выводу уравнения Дебая для линейной молекулы или жесткого диполя. Эффект Штарка. Определение дипольного момента в газах (первый метод Дебая) и растворах (второй метод Дебая).

Тема 6. ЯМР Понятие ядерного магнитного резонанса, условия ядерного магнитного резонанса, схема эксперимента, реализация условий ядерного магнитного резонанса, экранирование ядер электронами, химические сдвиги ядер ЯМР, примеры спектров ЯМР. Недостатки и преимущества метода.

Тема 7. Рентгеноструктурный анализ. Рентгеновские методы исследования. Природа рентгеновских спектров. Края поглощения. Взаимосвязь рентгеновских спектров поглощения и характеристических спектров испускания. Закон Брэгга — Вульфа.

Тема 8. Метод газовой электронографии. Уравнения потока электронов для плоских и сферических волн.

Рассеяние электронов жесткой молекулой. Введение функции рас-пределения межъядерных расстояний. Преобразование Фурье в газовой электронографии. Кривая радиального распределения.

Рассеяние электронов двухатомной молекулой в гармоническом приближении колебания ядер. Зависимость амплитуды колебания пар ядер от температуры. Уравнения для многоатомных молекул.

Схема эксперимента. Условия получения электронограмм. Совместное использование газовой электронографии и микроволновой спектроскопии.

Тема 9 Методы вращательной спектроскопии. Схема радиоспектрометра. Условия получения микроволнового спектра полярных молекул. Область частот. Матричный элемент дипольного момента перехода для полярных молекул. Типы спектров. Правила отбора. Использование Фурье-спектрометров для исследования ван-дер-ваальсовых молекул и малостабильных молекул. Возможности обнаружения молекул в межзвездной среде.

Определение дипольного момента молекул из микроволновых спектров.

Определение геометрических параметров молекул из микроволновых спектров. Метод изотопного замещения.

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР).

Стоксовы и антистоксовы линии КР. Сравнение характеристик метода при двух способах возбуждения спектров КР. (ламповое и лазерное). Определение геометрических параметров неполярных молекул.

Тема 10. Термические методы анализа

Конструкция пирометра Н.С. Курнакова и его эволюция. Простой и дифференциальный термоанализ. Виды термических кривых. Факторы, влияющие на вид термограмм. Термогравиметрия. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Термомеханический анализ, дилатометрия и динамический-механический анализ.

Тема 11. Основы спектральных методов исследования

Спектральные методы анализа: классификация. Основные понятия геометрической, квантовой и волновой оптики. Природа электромагнитного излучения и его характеристики. Процессы, протекающие при взаимодействии излучения с веществом. Происхождение атомных и молекулярных спектров. Спектры поглощения и пропускания, комбинационного рассеяния. Основные виды спектральных измерений. Устройство спектральных приборов: источники возбуждения спектров, диспергирующие элементы, детекторы. Преимущества и недостатки пламенного возбуждения, искры переменного и постоянного тока, дуговой и лазерной атомизации, ИСП, тлеющего разряда. Схемы и характеристики монохроматоров Роланда, Черни-Тернера и Эшелле. Типы детекторов излучения. Механизмы передачи и обработки информации. Типы шумов, причины их появления, методы подавления.

Тема 12. Методы атомной спектроскопии

Атомная эмиссионная и абсорбционная спектроскопия. Принципы коррекции фона и выбора базовой линии. Механизмы атомизации пробы и возбуждения спектра. Устройство атомно-абсорбционных спектрометров. Принципы коррекции фона. Пламенная фотометрия. Аппаратурное оформление эксперимента в атомно-эмиссионной спектроскопии. Выбор базовой линии и референсного сигнала. Спектральный микроанализ. Особенности лазерной спектроскопии и тлеющего разряда. Требования к образцам. Фотодиодные и ПЗС детекторы. Точечные, линейные и матричные детекторы. Интерпретация атомных спектров.

Тема 13. Методы колебательной спектроскопии

Основные понятия об ИК- и КР-спектроскопии. Колебательные функции двухатомной молекулы. Уровни энергии молекул, их классификация. Прямая и обратная колебательные задачи. Фундаментальные, обертоновые и составные частоты, переходы в молекулах. Правила отбора и интенсивность переходов в ИК и КР спектрах. Симметрия нормальных колебаний. Резонанс Ферми. Техника проведения эксперимента. Стоксовы и антистоксовы линии в спектрах КР. Источники излучения, интерферометры, детекторы. Фурье-преобразование в ИК-спектроскопии. Сопоставление и интерпретация ИК- и КР-спектров. Алгоритм ab-initio квантовохимических расчетов геометрии молекул, их колебательных спектров и термодинамических характеристик. Вращательная структура полос поглощения. Типы колебаний. Изотопные эффекты. Количественный анализ и исследование равновесий. Количественный анализ. Особенности регистрации и интерпретации спектров зеркального и диффузного отражения, НПВО, твердых и газообразных образцов. Материалы для зеркал и окон в ИК спектроскопии. Многоходовые кюветы. ИК и КР микроскопия.

Тема 14. Спектрофотометрия

Происхождение спектров поглощения. Принцип Франка-Кондона. Спектроскопия в УФ и видимой областях: аппаратное оформление эксперимента. Закон Бургера-Ламберта-Бера и отклонения от него. Влияние растворителя. Особенности регистрации спектров рассеивающих образцов. Закономерности при регистрации спектров полиароматических соединений. Комплексы с переносом заряда. Зависимость поглощения от окружения центрального атома в комплексных соединениях. Спектры биологически активных молекул. Виды спектрофотометрии: особенности регистрации и обработки данных. Проблемы светосбора. Волоконная оптика в спектроскопии. Диффузное отражение. Турбидиметрия.

Тема 15. Спектрофлуориметрия

Люминесцентная спектроскопия. Виды излучательных и безызлучательных переходов. Механизм формирования спектров люминесценции. Диаграмма Яблонского. Правило Левшина, закон Стокса-Ломмеля, Стоксов сдвиг. Типы люминесценции. Особенности люминесценции твердых образцов и наночастиц. Тушение люминесценции. Устройство спектрофлуориметров. Применение люминесцентных методов для анализа биологических объектов. Люминофоры и их применение в приборостроении и аналитической химии.

Тема 16. Рентгеновские методы исследования.

Природа рентгеновских спектров. Край полосы поглощения. Взаимосвязь рентгеновских спектров поглощения и характеристических спектров испускания. Закон Мозли. Классификация рентгеновских методов исследования. Рентгеноспектральный анализ: рентгеноэмиссионный и рентгенофлуоресцентный. Энергетическая и волновая дисперсии в рентгеноспектральном анализе. Рентгеновская спектроскопия поглощения: XANES, EXAFS – спектроскопия. ОЖЕ-спектроскопия и РФЭС (ЭСХА).

Тема 17. Методы электронной микроскопии.

Электронная микроскопия: просвечивающая, просвечивающая высокого разрешения, сканирующая. Электронозондовый микроанализ. Взаимодействие электронов с веществом. Формирование электронного пучка: понятие о магнитных и электростатических линзах. Устройство электронных микроскопов. Детекторы в электронной микроскопии. Основы электронной дифракции. Спектроскопия энергетических потерь электронов. Особенности пробоподготовки в СЭМ и ПЭМ.

6. Образовательные технологии:

-применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управ-

ляющих приборами;

-использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;

-преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

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

По каждой теме указывается материал в источниках из списков основной и дополнительной литературы, а также из интернет ресурсов.

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

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

Основная литература

1. Вилков Л.В., Пентин Ю.А., Физические методы исследования в химии, Москва: Мир, 2006, 683 с.
2. Молекулярные структуры: Прецизионные методы исследования. / Под ред. А. Доменикано и И. Харгиттаи. М.: Мир. 1997. 671 с.

Дополнительная литература

1. Цирельсон В.Г. Квантовая химия: молекулы, молекулярные системы и твердые тела, Москва: Бинوم, 2010, 495 с.
2. Современная масс-спектрометрия/ В.А. Иоутси, В.Ю. Марков, С.А. Соколов. М.: МДМ Принт. 2015. – 127 с.
3. Фуллерены: Учебное пособие/ Л.Н. Сидоров, М.А. Юровская и др. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 688 с.
4. Еремин В.В., Дроздов А.А. Нанохимия и нанотехнология //М., Дрофа, 2009.
5. Сергеев Г.Б.. Нанохимия / М., Книжный дом "Университет", 2003.
6. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / под ред. М.К. Роко, М., Мир, 2002.
7. Бухтияров В.И., Слинко М.Г. Металлические наносистемы в катализе //Успехи химии, 70 (2001) 167.
8. Murzin D. Nanocatalysis / Research Signpost, 2006.
9. Владимир Федорович Лугинин. 1834–1911/ Е.А. Зайцева (Баум), Г.И. Любина. М.: Издательство Московского Университета. 2012. – 688 с.

Периодические издания

1. Vogt, J., Vogt, N. MOGADOC - A versatile database for molecular spectroscopists and structural chemists// Asian J. Spectrosc., Special Issue, 2010, 67-73.

- Vogt, J., **Vogt, N.**, Schunk, A. Databases in inorganic chemistry. In: Handbook of Chemoinformatics - From Data to Knowledge. Gasteiger, J. (Ed.) Weinheim: Wiley-VCH. 2003, **2**, 629-643.

Интернет-ресурсы

- Компьютерная база данных MOGADOC: <http://www.uni-ulm.de/strudo/mogadoc/>
- База данных NIST <http://www.nist.gov>
- Vishnevskiy YV (2009) UNEX: United Nuclear EXperients. http://molstruct.chemport.ru/mykced_en.html, 2009

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

9. Язык преподавания - русский

10. Преподаватели:

- в.н.с., д.х.н. Шишков Игорь Федорович, кафедра физической химии химического факультета МГУ, ifshishkov@phys.chem.msu.ru, 8-495-939-13-08
- в.н.с., д.х.н. Савилов Сергей Вячеславович, кафедра физической химии химического факультета МГУ savilov@chem.msu.ru
- профессор, д.х.н. Фогт Наталья Юрьевна, кафедра неорганической химии химического факультета МГУ, natalja.vogt@uni-ulm.de 8-495-939-13-08,

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

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

Вопросы для экзамена:

- Прикладные проблемы, решаемые средствами физической химии.
- Общая схема установок для методов ЭГ, ЯМР, масс-спектрометрии, РСА, МВ
 - требования к исследуемому веществу в этих методах
 - основные уравнения, используемые в этих методах
 - преимущества и недостатки перечисленных методов
- Этапы развития химической кинетики, термохимии, термодинамики.
- Современные направления исследований термической лаборатории им. В.Ф. Лугинина.
- Чем химическая термодинамика отличается от других направлений и областей применения термодинамики?

6. Приведите примеры известных вам фазовых диаграмм и возможных методов их построения. Как связаны эти диаграммы с термодинамическими свойствами составляющих их веществ?
7. В чем заключается различие между термодинамически нестабильными и метастабильными состояниями веществ? Поясните, почему в термодинамических справочниках нет данных о давлениях насыщенного пара над стеклами.
8. Физико-химические методы, используемые для исследования строения наноструктур.
9. Понятия структура молекул, связи.
10. Интеграция различных методов в определении параметров молекул.
11. Какие базы данных используются в химической науке.
12. Поясните, пожалуйста, причины отличия ИК-спектра поглощения 2-бутанола без растворителя и в четыреххлористом углерода.
13. Предложите, пожалуйста, методику расчета коэффициента диффузии толуола в полистирольную пленку. Как аппаратно можно реализовать её на практике.
14. Каким образом явление люминесценции используется в геологии ?
15. Каким образом явление люминесценции используется в современной просвечивающей электронной микроскопии?
16. Предложите, пожалуйста, методы анализа количества фаз в порошкообразной смеси SnO₂ и SnTe?
17. Может ли спектр люминесценции вещества быть смещен в более фиолетовую область по отношению к спектру его поглощения? Почему?
18. Известно, что в природе цинкит может содержать также оксидные примеси железа (II) и свинца. Образуют ли они при этом твердые растворы, или находятся в виде дискретных включений? Как это можно установить?
19. В чем заключается спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. Какую информацию можно из него получить?
20. Известно, что ZnO может использоваться в качестве пигмента в строительных красках. Предложите, пожалуйста, методы определения содержания ZnO в вододисперсионных белилах, где помимо него и воды присутствуют карбонат кальция, этанол, стирол-акрилатный сополимер.
21. Цинкит способен к люминесценции в оранжевой области. В каком диапазоне длин волн может находиться спектр его поглощения?
22. В чем заключается метод РФЭС? Какова область генерации спектра? Почему его, как правило, совмещают с методом ОЖЕ спектроскопии?
23. Опишите, пожалуйста, преимущества и недостатки полихроматора Роуланда с ФЭУ в качестве регистрирующих модулей.
24. Предложите схему аналитического определения примеси соли ртути в кварцевом песке всеми возможными методами оптической спектроскопии.
25. Каким образом с помощью термического анализа можно установить наличие в смеси с нитратом натрия медного купороса и провести определение количественного состава?
26. Какие типы ФЭУ Вам известны? В чем преимущества и недостатки каждого из них? Каков принцип их действия?
27. Предположите вид спектра атомной эмиссии металла в электрической дуге в диапазоне длин волн 200-1000 нм.
28. Почему в конструкции пламенных фотометров, как правило, не используются полихроматоры. Что используется для выделения диапазона длин волн в них?

29. Опишите, пожалуйста, преимущества и недостатки полихроматора Черни-Тернера со сменной 3-х позиционной турелью дифракционных решеток и ПЗС линейным детектором.
30. Предложите схему аналитического определения примеси селена в порошке свинцово-кадмиевого сплава методами оптической спектроскопии.
31. Каким образом с помощью термического анализа можно установить наличие в смеси с гипсом железного купороса и провести определение количественного состава?
32. Приведите примеры использования внутреннего и внешнего фотоэффекта в системах регистрации спектров? Каким образом может осуществляться корректировка фонового излучения/поглощения в методе оптической эмиссионной спектроскопии / абсорбционной спектроскопии

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
Знать: теоретические основы современных методов исследования структуры и свойств веществ Знать: возможности и ограничения расчетных методов квантовой химии при решении практических задач	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

<p>Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,</p> <p>Уметь: самостоятельно составлять план исследования</p> <p>Уметь: выбирать направление экспериментального физико-химического исследования, адекватное поставленной задаче</p> <p>Уметь: оценить возможные источники ошибок при изучении систем различной природы с помощью инструментальных методов физической химии (молекулярная спектроскопия, термический анализ, микроскопия высокого разрешения, методы анализа поверхности и пр.)</p> <p>Уметь: применить теоретические основы современных физико-химических методов при анализе и представлении материала научного сообщения на заданную тему</p> <p>Уметь: готовить образцы для физико-химических исследований в соответствии с поставленной задачей и с учетом специфики изучаемых объектов</p> <p>Уметь: грамотно спланировать физико-химический эксперимент</p> <p>Уметь: использовать программные продукты для выполнения стандартных квантовохимических, термодинамических и кинетических расчетов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p> <p>Владеть: навыками статистической обработки данных физико-химического эксперимента</p> <p>Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в области физической химии</p> <p>Владеть: навыками работы на современном научном оборудовании для определения физико-химических свойств веществ</p> <p>Владеть: навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов интернета; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации при решении физико-химических задач</p> <p>Владеть: навыками использования профессиональных баз данных для получения информации, необходимой для физико-химического моделирования систем разной природы</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>