

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР и КО

_____ Льянова С.А.

« 29 » июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Факультет: химико-биологический

Направление подготовки /специальность: 04.05.01

Фундаментальная и прикладная химия

Программа: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очная

**МАГАС
2023**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями изучения дисциплины «Физические методы исследования» являются:

- ознакомление студентов с принципиальными основами и практическими возможностями физических методов исследования, с их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента;
- формирование навыков сравнительной оценки возможностей разных методов анализа, их достоинств и недостатков для обоснованного выбора оптимального метода исследования того или иного объекта.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физические методы исследования» относится к обязательной части дисциплин Блока 1 и изучается в 8 семестре.

Данный курс опирается на знания физики, математики (природа электромагнитного излучения, типы взаимодействия его с матрицей, техника спектрального эксперимента, приемы математического анализа). Для успешного применения ряда физических методов необходимо знание основ квантовой механики (основные определения и фундаментальные понятия, квантово-механическая теория строения молекул). Изложение материала о строении молекул предполагает наличие базовых знаний о современных вычислительных возможностях квантовой химии. Интенсивное внедрение в эксперимент вычислительной техники требует наличия у студентов навыков работы как со стандартными программными системами, широко используемыми в настоящее время для обработки экспериментальных данных, так и владения современным языком математической формализации тех физических задач, которые возникают при анализе спектральных данных.

Полученные студентами знания необходимы при изучении специальных курсов: «Анализ объектов окружающей среды», «Нефтехимия».

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Физические методы исследования» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Физические методы исследования»	Семестр
Б1.О.12	Математика	1,2
Б1.О.13	Физика	1,2
Б1.В.20	Информатика	1,2
Б1.О.06	Неорганическая химия	1,2
Б1.О.18	Аналитическая химия	3,4

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Физические методы исследования» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Физические методы исследования»	Семестр
Б1.О.07	Органическая химия	5,6
Б1.О.08	Физическая химия	5,6
Б1.В.18	Высокомолекулярные соединения	7
Б1.О.10	Коллоидная химия	7
Б.1.В.05	Теоретические основы неорганической химии	9,10

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- физическую теорию современных методов исследования, технику и методики проведения экспериментов.

Уметь:

- анализировать возможности физических методов, исходя из специфики поставленной исследовательской или экспертной задачи.

Владеть:

- методикой получения практической информации на основе имеющихся экспериментальных данных.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

Таблица 3.1.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
<i>Универсальные компетенции и индикаторы их достижения</i>			
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вы-	УК-3.1. Понимает эффективность использования страте-	Знать – методики формирования команд; методы разработки командной стратегии и эффек-

	<p>разрабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</p>	<p>гии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде</p> <p>УК-3.2. Понимает особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает /взаимодействует, учитывает их в своей деятельности (выбор категорий групп людей осуществляется образовательной организацией в зависимости от целей подготовки – по возрастным особенностям, по этническому или религиозному признаку, социально незащищенные слои населения и т.п.)</p> <p>УК-3.3. Прогнозирует результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата</p> <p>УК-3.4. Эффективно взаимодействует с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентации результатов работы команды</p>	<p>тивного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства.</p> <p>Уметь – разрабатывать командную стратегию; формулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; применять эффективные стили руководства командой.</p> <p>Владеть: – умением анализировать, проектировать и организовывать коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом.</p>
Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения			

ОПК-1	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их	Знать: стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, правила ТБ Владеть: базовыми навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов Уметь: проводить простые химические опыты по предлагаемым методикам
		ОПК-1.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	Знать: методы получения, идентификации исследования веществ (материалов), стандартные обработки результатов эксперимента Уметь: проводить многостадийный синтез, выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения, обрабатывать результаты эксперимента Владеть: навыками проведения эксперимента и методами обработки его результатов
Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения			
ПК-2	Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2.1. Проводит литературный поиск по теме, заданной специалистом более высокой квалификации, с использованием открытых источников информации химического профиля	Знать: основные базы данных химического профиля, перечень источников научно-технической литературы, нормативных и методических материалов Уметь: подбирать научно-техническую литературу, нормативные и методические материалы по информационной безопасности, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок для решения различных задач
		ПК-2.2. Составляет краткие обзоры по теме научно-исследовательской работы	Владеть: навыками экспериментальной оценки защищенности объектов информатизации, по заданным

			методикам технологии обработки результатов, оценки погрешности и достоверности результатов измерений
--	--	--	--

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	8 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	88	88
Лекции	44	44
Лабораторные занятия	44	44
Самостоятельная работа студентов (СРС)	56	56

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

5.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа

Таблица 5.1.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы			Форма текущего контроля успеваемости.
			Лекции	Лабор. раб.	СРС	
1	Введение. Технология химического анализа. Метрологические основы аналитической химии..	8	1	-	5	Тест к лаб. работе № 1
2	Электрохимическая титриметрия	8	1	4	5	Тест к лаб. работе № 2
3	Потенциометрический метод анализа	8	2	4	5	Тест к лаб. работе № 3
4	pH-метрический метод	8	1	4	5	Тест к лаб. работе № 4
5	Кулонометрия. Кондуктометрия и вольтамперометрия	8	1	6	6	Контрольная работа № 1

6	Оптические методы анализа	8	2	6	6	Тест к лаб. работе № 5
7	Атомно-эмиссионный метод анализа	8	1	4	6	Тест к лаб. работе № 6
8	Метод пламенной фотометрии	8	1	4	6	Тест к лаб. работе № 7
9	Методы молекулярной спектроскопии	8	1	4	6	Тест к лаб. работе № 8
10	Спектрофотометрический метод анализа. Люминесцентный метод анализа	8	1	4	6	Контрольная работа № 2
Итого:			44	44	56	

5.2. Содержание дисциплины «Физические методы исследования»

Введение.

Предмет аналитической химии (A_x), формулировка и ее структура. Индивидуальность A_x , ее место среди других наук, ее связь с практикой. Значение A_x в экономике, охране окружающей среды, в здравоохранении и других сферах. Аналитическая химия и общество.

Основные проблемы A_x : снижение предела обнаружения, повышение точности избирательности анализа, анализ без разрушения, дистанционный анализ и др. Современные тенденции развития A_x .

Технология химического анализа

Содержание компонентов. Выбор метода анализа. Абсолютные (безэталонные) и относительные методы анализа. Основные характеристики метода анализа: правильность, воспроизводимость, избирательность, экспрессность, коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний. Стоимость анализа. Автоматизация анализа и другие требования к методам анализа.

Методика проведения данного химического анализа (методика определения). Основные стадии проведения химического анализа. ГОСТ, ТУ.

Способы оценки правильности результатов химического анализа; использование стандартных образцов, метод добавок, метод градуировочного графика, сопоставление с другими методами, внутренний и внешний контроль. Стандартные образцы, аттестация методик анализа.

Аналитическое приборостроение в стране и за рубежом.

Техника работы в аналитической лаборатории и основные правила техники безопасности. Литература по аналитической химии. Координация исследований.

Основные составные части технологии химического анализа:

1. Основные объекты анализа.
2. Пробоотбор и пробоподготовка.
3. Методы разделения, концентрирования и маскирования.
4. Методы анализа.

Теория и практика пробоотбора и пробоподготовки.

Основы подготовки материала к анализу. Представительность пробы; проба и объект анализа; проба и метод анализа. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ генеральная лабораторная и анализируемая проба. Контрольная, арбитражная, внутренняя и внешняя лабораторные пробы. Потери и загрязнения пробы. Методы и сроки хранения проб.

Условия стандартизации пробоотбора и пробоподготовки. ГОСТы, ТУ.

Основные способы перевода в форму, необходимую для данного вида анализа. Подготовка пробы к анализу. Методы вскрытия проб: растворение в воде, кислотах, смеси кислот, щелочах; спекание, оплавление, термическое разложение, разложение под давлением, при помощи высокочастотного разряда и в плазме; комбинирование различных приемов; особенности разложения органических соединений.

Методы маскирования, разделения, концентрирования.

Маскирование как метод торможения или полного подавления химической реакции в присутствии веществ, способных изменить ее направление, скорость, или интенсивность аналитического сигнала.

Виды маскирования – термодинамическое (равновесное) и кинетическое (неравновесное).

Группы маскирователей:

1. Вещества, образующие с мешающими элементами более устойчивые соединения.
2. Вещества, изменяющие степень окисления мешающего иона.
3. Вещества, осаждающие мешающие ионы, но осадок при этом можно не отделять.
4. Вещества со специфическим действием. Маскирование и демаскирование и их использование в аналитической химии.

Методы разделения и концентрирования.

Количественные характеристики разделения и концентрирования (коэффициент распределения D , степень извлечения R , коэффициент разделения K_A/v , коэффициент концентрирования Sk).

Осаждение и соосаждение.

Неорганические и органические реагенты для осаждения. Способы разделения с использованием кислотно-основных, комплексных и окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Классификация катионов и анионов в качественном анализе (сероводородный метод, кислотно-основной метод). концентрирование микроэлементов соосаждением на неорганических и органических соосадителях.

Экстракция.

Основные законы и количественные характеристики экстракции. Скорость экстракции. Классификация экстракционных процессов. Типы экстрагирующихся соединений. Неионизованные и ионные ассоциаты. Координационно-несольватированные нейтральные соединения. Внутрикомплексные соединения. Координационно-сольватированные нейтральные комплексы. Координационно-несольватированные ионные ассоциаты, комплексные кислоты. Способы осуществления экстракции. Периодическая экстракция, непрерывная экстракция, противоточная экстракция. Практическое использование экстракции. Разделение веществ. концентрирование. Изучение равновесий.

Сорбция.

Механизм сорбции. Сорбция на активных углях. Сорбция на ионообменных и хелатообразующих сорбентах. Сорбция на кремнеземах и химически модифицированных кремнеземах. Сорбция на неорганических сорбентах.

Другие методы.

Электрохимические методы. Отгонка (дисстиляция, возгонка). Зонная плавка. Селективное растворение. Направленная кристаллизация. Диффузионные методы, флотация и другие.

Хроматографические методы и их классификация по агрегатному состоянию фаз – газовая и жидкостная, по механизму взаимодействия сорбента и сорбата (распределительная, ионообменная, адсорбционная, аффинная, осадочная, адсорбционно-комплексобразовательная); по технике выполнения (колоночная, бумажная – плоскостная или тонкослойная хроматография). Способы получения хроматограмм. Хроматографические параметры. Теория хроматографического разделения. Газовая хроматография. Жидкостная колоночная хроматография. Плоскостная хроматография.

Классификация физико-химических методов анализа.

1. Электрохимическая титриметрия или электрохимические методы установления точки эквивалентности. Потенциометрия. Кондуктометрия. Кулонометрия. Вольтамперометрия.
2. Оптические методы анализа.
 - а) Методы анализа, основанные на атомных спектрах: эмиссионный (спектральный анализ), атомная абсорбция, пламенная фотометрия, рентгеновская спектроскопия.
 - б) Методы анализа, основанные на молекулярных спектрах: спектрофотометрия, люминесценция, ИК-спектроскопия, резонансные методы – ЭПР, ЯМР, ЯКР.
3. Физические методы анализа.
Масс – спектрометрия, γ – спектроскопия, радиохимические.

Метрологические основы аналитической химии

Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, метрологические требования к результатам измерений, основные принципы и способы обеспечения достоверности результатов измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи.

Единицы количества вещества. Способы выражения концентрации.

Организация и методология метрологического обеспечения деятельности аналитической службы. Проверка аппаратуры, аттестация нестандартных средств измерений. Метрологическая аттестация аналитических лабораторий.

Химические реактивы, их классификация и общая характеристика; испытание реактивов и их очистка.

Химическая мерная посуда и ее градуировка. Аналитические приборы и требования к ним, класс точности, проверка и градуировка, сочетания с микропроцессами и ЭВМ.

1. Электрохимическая титриметрия.

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимическая ячейка. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Диффузионный потенциал. Гальванический элемент и электролитическая ячейка. Равновесные электрохимические системы. Неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока (омические падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация). Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах. Чувствительность, селективность, воспроизводимость, экспрессность электрохимических методов анализа.

2. Потенциометрический метод анализа

Теория возникновения потенциалов. Двойной электрический слой. Нормальные электродные потенциалы. Потенциал электрода в растворе. Перенапряжение. Реальные электродные потенциалы. Измерение потенциала. Электроды в потенциометрии. Электроды сравнения и индикаторные электроды. Потенциометрическое титрование. Графический способ нахождения конечной точки титрования. рН-метрический метод определения кислот и оснований. Стекланный электрод и его характеристика.

3. рН-метрический метод

Ионоселективные электроды. Применение потенциометрического метода анализа в практике анализа и определения констант диссоциации органических реагентов и констант устойчивости комплексов Me-R.

4. Кулонометрия. Кондуктометрия и вольтамперометрия **Кулонометрия.**

Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая и косвенная кулонометрия. Условия проведения прямых и косвенных кулонометрических определений. Кулонометрическое титрование. Применение кулонометрического метода анализа.

Кондуктометрия.

Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Электропроводность. Удельное сопротивление. Удельная электропроводность, эквивалентная и молярная электропроводность. Кондуктометрическое титрование. Кривые кондуктометрического титрования. Применение кондуктометрического метода анализа.

Вольтамперометрические методы.

Теория полярографического метода. Общие вопросы. Классическая полярография. Поляризационные кривые. Электроды. Потенциал полуволн. Качественный полярографический анализ. Полярографический фон. Теория количественного полярографического анализа.

Амперометрическое титрование.

Сущность метода. Индикаторные электроды. Виды кривых титрования.

5. Оптические методы анализа

Современное строение атома. Спектр электромагнитного излучения, его основные характеристики и способы их выражения (длина волны, частота, волновое число, энергия и др.).

Метод атомной спектроскопии.

Основные и возбужденные электронные состояния атомов. Энергетические переходы. Правило отбора. Законы испускания и поглощения. Вероятности электронных переходов и время жизни возбужденных состояний. Характеристика спектральных линий. Связь интенсивности с числом излучающих частиц.

6. Атомно-эмиссионный метод анализа

Источники атомизации и возбуждения: электрические разряды (дуговые, искровые и др.), пламенная, плазмотроны, индуктивно-связанная плазма, лазеры. Основные характеристики источников атомизации; температура плазмы, состав пламени, концентрация электронов. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения.

Метрологические характеристики спектрального анализа: шумы и отношение сигнал-шум, оценка минимального аналитического сигнала, пределы обнаружения. Основные требования к стандартам (эталонам). Качественный и количественный анализ. Количественная зависимость между интенсивностью спектральных линий и концентрацией.

Аппаратура: стилоскоп, стилометры, спектрографы, квантометры. Применение метода.

7. Метод пламенной фотометрии

Сущность метода. Подготовка пробы к анализу, особенности введения пробы в пламя. Горелки и распылители. Пламенные фотометры. Применение пламенной фотометрии.

Атомно-Абсорбционный метод.

Основы метода. Источники излучения, их характеристика. Источники атомизации. Количественный анализ. Способы определения концентрации. Аппаратура. Факторы, влияющие на результаты анализа. Преимущества и недостатки метода. Применение.

Рентгеновская и электронная спектроскопия.

Рентгеновская спектроскопия. Основы метода. Рентгено-абсорбционный анализ. Рентгеновская флуоресценция. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Сущность и характеристика этих методов.

8. Методы молекулярной спектроскопии

Спектры молекул. Полная энергия молекул как сумма электронной, колебательной и вращательной, схемы электронных уровней молекулы. Основные и возбужденные электронные состояния. Особенности молекулярных спектров. Способы монохроматизации лучистой энергии.

Классификация спектральных приборов и их характеристика: дисперсия, разрешающая сила, светосила. Приемники излучения: фотоэмульсия, фотоэлементы, фотоумножители. Методы монохроматизации.

9. Спектрофотометрический метод анализа

Основа метода. Основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера. Молярный коэффициент поглощения. Выбор оптимальных условий фотометрической реакции. Влияние различных факторов на полноту образования фотометрической реакции. Построение градуировочного графика. Причины отклонения от прямолинейной зависимости оптической плотности от концентрации определяемого вещества.

Метрологические характеристики спектрофотометрического анализа. Правильность, воспроизводимость, чувствительность, предел обнаружения и диапазон определяемых содержаний, селективность и др.

Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии. Колориметрия, фотометрия, спектрофотометрия.

Аналитическое применение спектрофотометрического метода анализа. Качественный анализ. Количественный анализ. Способы определения концентрации (градуировочный график, метод добавок, дифференциальный метод, спектрофотометрическое титрование).

Анализ многокомпонентных систем. Исследование химических систем спектрофотометрическими методами. Определение числа компонентов. Определение состава комплексных соединений (метод молярных отношений и изомерных серий). Определение констант равновесий и т.д.

10. Люминесцентный метод анализа

Различные виды люминесценции и их классификация (радиолюминесценция, электролюминесценция, химиолюминесценция, фотолюминесценция). Основные закономерности молекулярной фотолюминесценции. Независимость спектров люминесценции от длины волны возбуждающего света. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и флуоресценции (правило Левшина). Закон Вавилова.

Тушение люминесценции: температурное, концентрированное, тушение посторонними примесями. Метрологические характеристики метода (правильность, воспроизводимость, селективность, избирательность, предел обнаружения, диапазон определяемых концентраций и др.).

Использование органических реагентов в люминесцентном методе анализа.

Оптические свойства редкоземельных элементов. Собственная люминесценция РЗЭ. Люминесцирующие комплексные соединения РЗЭ с неорганическими и органическими реагентами.

Применение люминесценции комплексов РЗЭ для их индивидуального определения при их совместном присутствии.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподнесение теоретического материала осуществляется с применением электронных средств обучения. Некоторые разделы теоретического курса рассматриваются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются письменные и устные контрольные работы.

В рамках чтения курса предусмотрено посещение физико-химических лабораторий промышленных и научно-исследовательских организаций.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Лекционные занятия проводятся 1 раз неделю в объеме 2 часов и 3 час лабораторных занятий в 8 семестре. После окончания изучения каждой темы студенты проходят тестирование, собеседование, выполняют контрольные работы.

7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. М: Мир, 2009.
2. Пентин Ю.А., Курамшина Г.М. Основы молекулярной спектроскопии. М: Мир, 2008.
3. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М: Высш. шк., 1987.
4. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М: Высш. шк., 1989.
5. Драго Р. Физические методы в химии. В 2-х т. М: Мир, 1981.

7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

Содержание самостоятельной работы обучающихся

Таблица 7.1.

<i>Номер раздела (темы)</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Исследование спектров поглощения металла, реагента и комплекса.	10	собеседование, тестовый контроль
2.	Экстракционно-фотометрический метод разделения и определения металлов, органических соединений.	12	собеседование, тестовый контроль
3.	Строение атомов лигандов и их оптические свойства.	10	собеседование, тестовый контроль
4.	Виды люминесценции – молекулярные и ионные, их различие.	12	собеседование, тестовый контроль
5.	Качественный спектральный анализ ряда проб местной сырьевой базы.	12	собеседование, тестовый контроль

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Примерные вопросы для собеседования

1. Какова роль физических методов в химии?
2. Дайте определение прямой и обратной задачи физического метода.
3. Назовите наиболее важные характеристики спектроскопических методов исследования.
4. Раскройте сущность дифракционных методов исследования. Области применения.
5. Как можно определить характеристическое время метода?
6. Какие молекулы имеют собственный дипольный момент?
7. Опишите поведение диэлектрика в статическом электрическом поле?
8. Что такое поляризуемость вещества? Какие виды поляризуемости можно ввести для молекул?
9. Может ли рассматриваться величина ориентационной поляризуемости в качестве молекулярной характеристики?
10. Напишите уравнение Клаузиуса – Моссотти. Объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение. Для каких веществ оно может быть применимо?
11. Напишите уравнение Лорентца – Лоренца. Объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение.
12. Напишите уравнение Дебая и объясните физический смысл величин, входящих в него.
13. В чем заключается первый метод Дебая для определения дипольных моментов молекул?
14. В чем заключается второй метод Дебая для определения дипольных моментов молекул? Зависит ли определяемое значение дипольного момента молекулы от вида растворителя?
15. Что такое обертоны и составные частоты? Чем обусловлено их появление в ИК спектрах?
16. От каких факторов зависит величина силовой постоянной? Почему для тройных связей она наибольшая?
17. Что такое характеристическая частота? По какому принципу частоты разделяют на характеристические и нехарактеристические?
18. Какое колебание называют валентным, а какое деформационным? Почему это разделение условно?
19. Как на основании ИК спектров можно сделать заключение о способе координации в комплексных соединениях?
20. Перечислите основные области применения ИК спектроскопии, приведите примеры.
21. Какими основными свойствами характеризуются электронные состояния молекул?
22. Как формулируется принцип Франка – Кондона для вероятности электронных переходов?
23. По каким признакам можно идентифицировать в УФ спектре полосу поглощения $n \rightarrow \pi^*$ перехода? Чем объясняются сдвиги этой полосы при изменении полярности растворителя?
24. Как влияет сопряжение хромофорных групп на их электронный спектр? Как отражается на интенсивности $\pi \rightarrow \pi^*$ полосы поглощения изменение конформации сопряженной системы двойных связей?
25. Охарактеризуйте условия получения и способы изображения электронных спектров.
26. Почему октаэдрические комплексы (слабого поля) Mn^{2+} окрашены значительно менее интенсивно, чем такие же комплексы Cr^{3+} ?
27. Объясните, в чем заключается влияние спин-орбитального взаимодействия и эффекта Яна-Теллера на ЭСП?
28. Как выражается энергия взаимодействия ядра, обладающего ненулевым спином, с внешним магнитным полем?
29. Каковы условия ядерного магнитного резонанса?
30. Что такое спин-решеточная и спин-спиновая релаксация?
31. Перечислите и запишите выражение и шкалы химических сдвигов в ЯМР.
32. Что влияет на величину химических сдвигов в ЯМР? Почему химические сдвиги в ЯМР ^{19}F и ^{13}C меняются в значительно большем диапазоне, чем в ПМР?
33. Что такое константа экранирования ядра? В виде каких составляющих ее можно представить?

34. Объясните природу спин-спинового взаимодействия? Какие сведения дает величина константы спин-спинового взаимодействия?
35. Укажите основные параметры и характерные черты спектров ЯМР первого порядка.
36. Что называется электронным эффектом Зеемана?
37. В чем различие ЯМР и ЭПР спектроскопии?
38. В чем заключается условие магнитного резонанса? Напишите уравнение.
39. Что такое g-фактор Ланде и как он влияет на положение сигнала ЭПР?
40. Что такое электрон-ядерное сверхтонкое взаимодействие?
41. Каковы правила отбора для переходов между зеемановскими уровнями по электронному и ядерному спиновым квантовым числам в системах с электрон-ядерным сверхтонким взаимодействием?
42. В чем суть метода «спиновых меток»? Какие данные он позволяет получать?
43. Приведите примеры применения ЭПР спектроскопии.

Примеры заданий контрольных работ

Вариант 1

1. Рассчитать максимальное отклонение атомов от равновесного расстояния в молекуле HBr , находящейся в первом возбужденном колебательном состоянии. Силовая постоянная – 408 н/м, $r_e = 1,414 \text{ \AA}$.
 Ответ: 0,19 Å.
2. В спектре поглощения газообразного P_2 имеются полосы 774,8 и 154 см^{-1} . Определите частоту колебания гармонического осциллятора P_2 , коэффициент ангармоничности.
 Ответ: 780,4 см^{-1} , $3,59 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$.
3. Колебательные волновые числа молекул HC1 , DCl , D_2 , HD для основного состояния равны: 2885, 1990, 2990, 3627 см^{-1} . Вычислить изменение энергии в кДж/моль в реакции $\text{HC1} + \text{D}_2 = \text{DCl} + \text{HD}$. Выделяется или поглощается энергия?
 Ответ: выделяется 1,54 кДж/моль.
4. Основываясь на правиле отбора, связанном с изменением при колебании дипольного момента молекулы, выясните, будут ли проявляться в ИК-спектре ν_s , ν_{as} , δ - колебания молекул: парадихлорбензола, формальдегида, перекиси водорода, цис- и транс – дихлорэтилена?
5. Пользуясь распределением Больцмана, вычислите отношение заселенностей колебательных уровней с $v = 0$ и $v = 1$ для молекул H_2 , K_2 , если основные частоты их колебаний равны 4401 см^{-1} и 92 см^{-1} . Температура 298 К.
 Ответ: H_2 - $1,67 \cdot 10^9$; K_2 - 1,56.

Вариант 2

1. Имеются ли различия в колебательно-вращательных спектрах молекул CO_2 и HCN ?
 Ответ обоснуйте.
2. У молекул N_2O и NO_2 имеется по 3 основных колебания, некоторые из них видны одновременно в ИК и КР – спектрах. Полосы N_2O имеют простой PR – контур, полосы NO_2 – сложную вращательную структуру. Каково строение молекул?
3. Вычислите число оборотов в секунду, которое совершает молекула BrF с моментом инерции $7,837 \cdot 10^{-46} \text{ кг м}^2$, когда она находится в состоянии с разными J: 0; 1; 10.
 Ответы: 0; $3,02 \cdot 10^{10}$; $2,24 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$.
4. Вращательная постоянная H^{35}Cl равна 10,5909 см^{-1} . Чему она равна для

H^{37}Cl и D^{35}Cl ?

Ответы: 10,5739 и 5,4460 см^{-1}

5. Для молекулы HCl вращательная постоянная равна 10,593 см^{-1} , постоянная центробежного растяжения – $5.3 \cdot 10^{-4} \text{см}^{-1}$. Вычислите частоту колебания и силовую постоянную связи.

Ответы: $\nu_0 = 2995 \text{см}^{-1}$; $k = 516 \text{н/м}$.

Вариант 3

1. Сколько пиков со сверхтонкой структурой можно ожидать вследствие делокализации неспаренного электрона в катионе дибензолхрома между кольцами?
2. Предскажите спектр ион-радикала хлорбензола при условии, что разрешены все сверхтонкие линии.
3. Для какого бимолекулярного процесса – с константой скорости 10^7 или 10^{10} – уширение линии при прочих равных условиях будет больше?
4. В отсутствие какого-либо обмена два пика А-Н и В-Н отстоят друг от друга в спектре ЯМР на 250 гц. При комнатной температуре происходит обмен и пики отстоят друг от друга на 25 гц. Время спин-решеточной релаксации А-Н и В-Н велико, и оба соединения представлены в одинаковых концентрациях (0,2 М). вычислите время жизни протона у А и отсюда найдите константу скорости обмена (укажите единицы).
5. В данном соединении MF_4 (для $M I = 1/2$) значение $J_{\text{M-F}}$ равно 150 гц. В отсутствие химического обмена сигналы F^- и M-F отстоят друг от друга на 400 гц. При комнатной температуре F^- и MF_4 обмениваются с такой скоростью, что тонкая структура начинает исчезать. Предположив наличие одинаковых концентраций M-F и F^- и отсутствие стабильных промежуточных веществ, вычислите τ' для F . Каким должно быть расстояние между пиками MF и F^- при этих условиях?

Критерии оценки ответа студента при выполнении контрольной работы

Оценка	Требования к знаниям
отлично	приведены полные правильные решения, ответы грамотно аргументированы
хорошо	допущены незначительные погрешности при ответах на вопросы, аргументация была не полной
удовлетворительно	в ответах на некоторые вопросы допущены грубые ошибки, часть выводов не аргументирована или аргументирована неправильно
неудовлетворительно	ответы на 50 и более % вопросов ошибочны, большинство выводов не аргументированы или аргументированы неправильно

Примерная тематика рефератов

1. Термодинамический масс-спектрометрический эксперимент.
2. Методы исследования ион-молекулярных реакций.
3. Спектроскопия ион-циклотронного резонанса.
4. Рефрактометрия.
5. γ – резонансная спектроскопия
6. Метод электрического резонанса.
7. Теоретические основы и области применения ЭПР – спектроскопии.
8. Теоретические основы и области применения метода ЯМР.

9. Сравнительные характеристики методов UV-VIS - и ИК – спектроскопии.
10. Теоретические основы области применения ОЖЕ - спектроскопии.

Критерии оценивания реферата

Оценка **«отлично»** выставляется, если работа студента написана грамотным научным языком, имеет чёткую структуру и логику изложения, точка зрения студента обоснована, в работе присутствуют ссылки на нормативно-правовые акты, примеры из судебной практики, мнения известных учёных в данной области. Студент в работе выдвигает новые идеи и трактовки, демонстрирует способность анализировать материал.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если работа студента написана грамотным научным языком, имеет чёткую структуру и логику изложения, точка зрения студента обоснована, в работе присутствуют ссылки на нормативно-правовые акты, примеры из судебной практики, мнения известных учёных в данной области.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент выполнил задание, однако не продемонстрировал способность к научному анализу, не высказывал в работе своего мнения, допустил ошибки в логическом обосновании своего ответа.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент не выполнил задание, или выполнил его формально, ответил на заданный вопрос, при этом не ссылаясь на мнения учёных, не трактовал нормативно-правовые акты, не высказывал своего мнения, не проявил способность к анализу, то есть в целом цель реферата не достигнута.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Правила отбора в ИК-спектроскопии. Обертоны.
2. Эффект Штарка.
3. Гармонические и ангармонические колебания. Силовая постоянная.
4. Комбинационное рассеяние света.
5. Спектры комбинационного рассеяния.
6. Групповые колебания.
7. Вращательная спектроскопия. Модель жесткого ротатора.
8. Гармонический осциллятор. Ангармоничность.
9. Условия появления вращательных спектров.
10. Применение ИК-спектроскопии. Метод базовой линии.
11. Анализ колебательно-вращательных спектров.
12. ИК-спектроскопия – основные положения и правила отбора.
13. Поляризованные и деполаризованные линии в спектрах КР.
14. Обертоны в ИК-спектрах.
15. Сопоставьте возможности методов спектроскопии (электронной, колебательной, вращательной, колебательно-вращательной) в исследованиях строения молекул.
16. Блок-схема спектрометра ЯМР и принцип его действия.
17. Колебания ангармонического осциллятора.
18. Изотропное и анизотропное сверхтонкое взаимодействие.
19. Вращательный спектр жесткого ротатора.
20. Химический сдвиг в спектрах ЯМР.
21. Предсказание с позиций ТКП различия электронных спектров поглощения тетраэдрического и квадратного комплексного ионов одного и того же металла.
22. Характеристики электронных спектров многоатомных молекул.
23. Спин-спиновое взаимодействие в спектрах ЯМР.

24. Правила отбора в электронной спектроскопии поглощения.
25. Колебания многоатомных молекул.
26. Электронные спектры поглощения органических соединений.
27. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
28. Электронные спектры поглощения комплексных соединений 3d-металлов с позиций метода МО ЛКАО.
29. Колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул.
30. Причины, вызывающие усложнение интерпретации ИК-спектров сложных молекул.
31. Эффект Зеемана для молекулы O_2 .
32. Расчет энергетических вращательных уровней жесткого ротатора.
33. Правила отбора в электронной спектроскопии поглощения.
34. Можно ли зарегистрировать электронные, колебательные, вращательные, колебательно-вращательные спектры поглощения молекул O_2 , SO_2 , NH_3 , CHN , C_2Cl_4 . Объясните особенности спектров.
35. Эффект Зеемана для магнитных ядер.
36. Типы электронных переходов многоатомной молекулы органического соединения, их характеристики, проявления в спектрах.
37. Спектроскопия комбинационного рассеяния света
38. Объясните с позиций ТКП электронные спектры поглощения комплексных соединений.
39. Колебания гармонического осциллятора.
40. Сверхтонкое взаимодействие в спектрах ЯМР.
41. Парамагнитный и диамагнитный эффекты.
42. Колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул.
43. Классификация нормальных колебаний многоатомной молекулы по форме и симметрии.
44. Расчет силы осциллятора электронного перехода.
45. Сопоставить правила отбора, возможности методов ИК- и КРС-спектроскопии.
46. Вращательный спектр молекулы типа симметричного волчка.
47. Каким образом, имея ИК-спектр поглощения, вычислить частоту колебаний гармонического осциллятора и коэффициент ангармоничности?
48. Характеристики всех типов электронных переходов в спектрах органических молекул. Факторы, влияющие на эти характеристики.

Критерии оценки ответа на зачете

Оценка	Критерии ответа
Зачтено	Глубокое и хорошее знание и понимание предмета, в том числе терминологии и основных понятий; теоретических закономерностей; фактических данных; обстоятельный, логический и грамотный ответ во время сдачи зачета; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – не более 50%.
Незачтено	Слабое знание основной терминологии, теоретических закономерностей, фактических данных, ошибочный ответ на зачете; удельный вес ошибок при контрольном тестировании – более 50%.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Учебная литература:

а) основная литература:

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. М: Мир, 2009.
2. Пентин Ю.А., Курамшина Г.М. Основы молекулярной спектроскопии. М: Мир, 2008.
3. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М: Высш. шк., 1987.
4. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. М: Высш. шк., 1989.
5. Драго Р. Физические методы в химии. В 2-х т. М: Мир, 1981.
6. Банкер Ф., Йенсен П. Симметрия молекул и спектроскопия. М: Мир, Научный мир, 2004.

б) дополнительная литература:

1. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических молекул. Л: Высшая школа, 1984.
2. Вилков Л.В., Мاستрюков В.С., Садова Н.И. Определение геометрического строения свободных молекул. Л: Химия, 1978.
3. Харгиттаи М., Харгиттаи И. Геометрия молекул координационных соединений в паровой фазе. М: Мир, 1976.
4. Граселли Дж., Снейвели М., Балкин Б. Применение спектроскопии КР в химии. М: Мир, 1984.
5. Коптев Г.С., Пентин Ю.А. Расчет колебаний молекул. М: МГУ, 1977.
6. Смит А. Прикладная ИК спектроскопия. М: Мир, 1982.
7. Герцберг Г. Электронные спектры и строение многоатомных молекул. М: Мир, 1969.
8. Зигбан К., Норминг К., Фильман А. и др. Электронная спектроскопия. М: Мир, 1971.
9. Карлсон Т. Фотоэлектронная и оже-спектроскопия. Л: Машиностроение, 1981.
10. Нефедов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений. М: Химия, 1984.

9.2. Интернет-ресурсы

1. http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1_2_1.html
2. <http://alhimic.ucoz.ru/load/26>
3. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>
4. <http://www.xumuk.ru>
5. <http://chemistry.narod.ru>
6. <http://www.media.ssu.samara.ru/lectures/deryabina/index/html>
7. ChemSoft 2004

9.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
 - 1.1. Microsoft Windows 7
 - 1.2. Microsoft Office 2007
 - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
 - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
 - 1.5. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

Таблица 9.1.

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru -
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	http://polpred.com/news
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://www.studentlibrary.ru -
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Требования к аудитории для лекционных и практических занятий: бесшумная светлая аудитория на 25 посадочных мест с доской.

Требования к аудитории для лабораторных занятий: лаборатория 60-70 м² с вытяжкой, общим и местным (над шестью рабочими столами) освещением, канализацией (холодная и горячая вода).

Требования к специализированному оборудованию: вытяжной шкаф, химически стойкая раковина, шесть лабораторных столов со стойким покрытием, один стол преподавателя, двенадцать лабораторных стульев, доска, технические и аналитические весы.

Для теоретического курса имеются:

1. Лекции, презентации
2. Контрольные тесты.
3. Списки вопросов для проведения коллоквиумов.
4. Варианты заданий для контрольных работ.
5. Варианты заданий для самостоятельной расчетной работы (специально разработанный и изданный практикум для студентов).
6. Набор реактивов и оборудования для лекционных опытов.

Для лабораторного практикума:

1. Тематика и описание лабораторных работ (специально разработанный и изданный лабораторный практикум для студентов химического направления).
2. Набор химических реактивов к каждой лабораторной работе.
3. Лабораторные установки, оборудование.

При изучении техники ИК- спектроскопии, спектроскопии в видимой и УФ-областях демонстрируются приборы, установленные в лаборатории «Физико-химические методы исследования» ИнГГУ.

Тестовый контроль осуществляется с помощью тестов по отдельным темам или разделам курса.

Тесты или задания для самостоятельной работы по тематике каждой лабораторной работы сведены в отдельный практикум.

Варианты заданий для контрольных работ содержатся как на диске, так и в бумажном виде. При необходимости их содержание может меняться.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физические методы исследования» направлена на формирование компетенций: УК-3, ОПК-2, ПК-2.

Промежуточная аттестация предполагает зачет.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (РПД).

Лекции имеют целью дать систематизированные основы научных знаний.

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- при подготовке к промежуточной аттестации по модулю использовать материалы фонда оценочных средств.

Лабораторные занятия проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными документами, учебной и научной литературой.

При подготовке к лабораторному занятию необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;
- при выполнении домашних расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к модульным контрольным работам, опросу, зачету. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим обучающимся.

В процессе работы с учебной и научной литературой обучающийся может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

Рабочая программа дисциплины «Физические методы исследования» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.05.01. «Фундаментальная и прикладная химия», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 652

Рабочая программа дисциплины «Физические методы исследования» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.05.01. «Фундаментальная и прикладная химия», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 652

Программу составил: к.х.н., доцент кафедры химии Темирханов Б.А.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры химии

Протокол заседания № 10 от « 20 » июня 2023 г.

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом химико-биологического факультета

Протокол заседания № 10 от « 26 » июня 2023 г.

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

Протокол заседания № 10 от « 28 » июня 2023 г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и
регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой