



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП Т.П. Кустова

29 августа 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Физические методы исследования**

Уровень высшего образования:	специалитет
Квалификация выпускника:	Химик. Преподаватель химии
Специальность:	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная химия



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Физические методы исследования» является формирование у студентов компетенций, являющихся основой научно-исследовательской и педагогической деятельности, позволяющих овладеть знанием фундаментальных законов современной теоретической химии и закономерностей протекания химических процессов, а также способностью применять основные естественнонаучные законы в области химического образования, технических науках, в химической отрасли промышленности, в сфере наукоемких технологий.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Физические методы исследования» относится к обязательной части образовательной программы. Дисциплина базируется на основных законах и базовых понятиях изучаемых ранее при освоении дисциплин: «Математика», «Физика», «Квантовая механика и квантовая химия», «Аналитическая химия», «Расчеты в химии», «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Органическая химия», «Химическая технология».

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: свойства химических элементов, простых молекул и сложных соединений в различном агрегатном состоянии, фундаментальные закономерности физических явлений, общие представления о закономерностях протекания химических реакций, технику безопасности в химической лаборатории;

Уметь: проводить физический эксперимент, готовить рабочие растворы заданной концентрации, обрабатывать и обсуждать экспериментальные зависимости, пользоваться учебной, научной и справочной литературой, сетью Интернет;

Иметь: навыки проведения качественного и количественного химического анализа, навыки использования компьютерных программ для количественной статистической обработки результатов эксперимента.

Успешное освоение студентами курса «Физические методы исследования» позволяет сформировать им систему знаний для понимания закономерностей протекания химических процессов и будет способствовать готовности студентов к изучению дисциплин, изучаемых на последующих курсах: «Химические основы биологических процессов», «Высокомолекулярные соединения», «Прикладная химическая кинетика», «Термодинамика реакций в растворах» и различных спецкурсах, создать научную и мировоззренческую базу для дальнейшей профессиональной деятельности.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

б) общепрофессиональные (ОПК):

**ОПК-2:** способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности;

в) профессиональные (ПК):

**ПК-1:** способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках;

**ПК-3:** способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основные естественнонаучные законы, на которых базируются физические методы исследования; классификацию и основы физических методов исследования; области применения, метрологические характеристики, достоинства и недостатки классических физических методов, тенденции их развития; (ОПК-2, ПК-1, ПК-3); принципы устройства приборов и инструментов, основы пробоподготовки, правила работы на приборах (ОПК-2); методики проведения физических экспериментов, методики анализа исследуемых образцов; принципиальные схемы основных приборов, используемых в физических экспериментах (ОПК-2); методики получения и обработки экспериментального материала, получаемого в различных методах физического исследования, в том числе с использованием современных компьютерных технологий (ПК-1, ПК-3); основные вещества и группы химических соединений (ОВ и СДЯВ), представляющих опасность при проведении физико-химического эксперимента; нормы техники безопасности и пожарной безопасности при работе в химической лаборатории (ОПК-2).

**Уметь:** применять основные естественнонаучные законы в практической работе; готовить образцы к исследованиям и работать на общедоступном физическом оборудовании; идентифицировать, представлять и оформлять результаты исследования (ОПК-2); пользоваться современными компьютерными базами данных масс-спектров, спектральных характеристик, спектров ЯМР различных классов соединений, работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований (ПК-1, ПК-3), выбирать оптимальный метод исследования для выполнения конкретной работы; получать экспериментальные данные (ПК-1); пользоваться защитными средствами при проведении синтетических работ с участием ЛВЖ, СДЯВ, а также противопожарными средствами; оказывать помощь при возникновении чрезвычайных случаев поражения человека вследствие неаккуратного применения взрывоопасных и пожароопасных веществ (ОПК-2); применять знание основных физических закономерностей при получении полученных экспериментальных результатов в своей научной деятельности; применять сложившиеся мировоззренческие естественно-научные представления в своей профессиональной деятельности (ПК-1, ПК-3);

**Иметь:** навыки владения основными понятиями спектроскопии (ОПК-2); навыки работы на серийном оборудовании для проведения физико-химических исследований (ОПК-2); навыки применения средств защиты от поражения кожи и дыхательной системы, а также средств пожаротушения (ОПК-2); навыки владения базовыми уравнениями, лежащими в основе методов (ПК-3); навыки свободного владения справочной литературой, в том числе с привлечением информационных баз данных; навыки поиска и первичной обработки научной и научно-технической информации с привлечением современных баз данных (ОПК-2), навыки самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований (ПК-3), навыки работы с методиками получения и обработки экспериментального материала, методиками статистической обработки данных, оценки точности и надежности полученных результатов физических экспериментов (ПК-1).

### 4. Объем и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

#### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах)		Формы текущего контроля успеваемости
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
1	Определение уровня входных учебных достижений. Введение в курс, представление рабочей программы «Физические методы исследования». Требования к организации процесса обучения и форм аттестации по курсу	7	2	2 практ. занятие	Входной контроль, диагностика. Тестирование остаточных знаний физики, математики, неорганической, физической, аналитической химии, квантовой механики и квантовой химии
2	Общая характеристика физических методов. Прямая и обратная задача. Характеристическое время метода. Метод масс-спектрометрии. Методы определения дипольного момента молекулы	7	6	2 практ. занятие  4 лабор. занятие	Коллоквиум, защита отчетов по лаб. работе
3	Дифракционные методы исследования структуры молекул: рентгенография; газовая электронография; нейтронография	7	8	2 практ. занятие 8 лабор. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание, защита отчетов по лаб. работе
4	Спектральные методы: микроволновая спектроскопия; колебательная спектроскопия – ИК спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния; методы электронной спектроскопии - спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой (УФ) областях	7	10	4 практ. занятие  8 лабор. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание, защита отчетов по лаб. работе
5	Методы резонансной спектроскопии: ядерный магнитный резонанс (ЯМР), электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)	7	6	2 практ. занятие  8 практ. занятие	Коллоквиумы по отдельным главам, домашнее задание, защита отчетов по лаб. работе
6	Заключительный. Подведение и анализ результатов освоения дисциплины.	7		2 практ. занятие	
Итого за семестр			32	42	Экзамен

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

№ темы	№ лекции	Основное содержание лекций
1		Физические методы исследования как наука



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

	1	Введение. Определение физических методов исследования как науки. Предмет и цели дисциплины, история возникновения, основные этапы развития. Роль отечественных ученых в развитии науки. Значение науки в развитии других отраслей знания и производства. Физические свойства атомов и молекул. Методы определения физических свойств. Прямая и обратная задачи. Понятие корректно и некорректно поставленных задач. Общая характеристика методов. Взаимодействие излучения с веществом. Поглощение, испускание, рассеяние. Чувствительность и разрешающая способность метода. Характеристическое время метода.
2	Метод масс-спектрометрии	
	2	Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электрическое неоднородное поле, химическая ионизация. Ионный ток и сечение ионизации. Зависимость сечения ионизации от энергии ионизирующих электронов. Потенциалы появления токов. Принцип Франка-Кондона. Вертикальные и адиабатические переходы. Диссоциативная ионизация. Типы ионов в масс-спектрах: молекулярные, осколочные, многозарядные, отрицательные, перегруппировочные, метастабильные.
	3	Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля. Электростатическая фокусировка. Двойная фокусировка. Разрешающая сила масс-спектрометра. Ионный источник. Применение масс-спектрометрии. Идентификация вещества.
	4	Определение потенциалов ионизации и энергии разрыва связей. Термодинамические исследования. Определение парциальных давлений компонентов газовых смесей. Условия испарения вещества. Эффузионная ячейка Кнудсена. Определение теплоты сублимации, теплоты реакции и константы равновесия.
3	Дифракционные методы исследования структуры молекул	
	5	Общие особенности дифракционных методов. Уравнение Шредингера для задачи рассеяния фотона, электрона или нейтрона на объекте исследования. Амплитуды рассеяния. Получение рентгеновских лучей. Характеристическое излучение.
	6	Общие особенности дифракции рентгеновских лучей. Уравнение Брегга. Метод порошка Дебая-Шеррера. Метод монокристалла Брегга. Определение параметров кристаллической структуры.
	7	Принципиальная схема электронографа. Условия проведения электронографического эксперимента. Методы расшифровки электронограмм. Амплитуда рассеяния электронов на атомах. Молекулярная составляющая интенсивности рассеяния.
	8	Кривая радиального распределения. Определение геометрических параметров методом газовой электронографии. Возможности газовой электронографии при исследовании сложных молекул. Влияние различий в межъядерных расстояниях и порядковых номерах атомов в молекулах.
Молекулярная спектроскопия		



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

4	9	Молекулярная спектроскопия, области применения в химии. Разделы спектроскопии. Разделение спектральных методов по области частот в спектре. Молекулярные спектры испускания и поглощения, спектры комбинационного рассеяния (КР). Молекулярные спектры резонансной флуоресценции (РФ).
	10	Техника молекулярной спектроскопии. Принципиальная схема спектральных приборов. Принцип действия призменно-линзового монохроматора и монохроматора с дифракционной решеткой. Характеристики спектральных приборов. Источники излучения. Кюветы с исследуемым веществом. Приемники излучения. Изображение спектров.
	11	Методы вращательной спектроскопии. Микроволновая спектроскопия (МВС). Моменты инерции, вращательные постоянные, уравнение Шредингера. Уровни вращательной энергии для различных типов молекул. Правила отбора, вид вращательного спектра. Определение вращательных постоянных и геометрических параметров из вращательного спектра поглощения. Схема радиоспектрометра. Эффект Штарка. Определение дипольных моментов молекул.
	12	Колебательно-вращательный спектр двухатомной молекулы в приближении гармонического осциллятора. Уравнение Шредингера, система уровней энергии и волновые функции гармонического осциллятора. Колебательный спектр двухатомной молекулы в ангармоническом приближении. Система уровней энергии, правила отбора и спектр поглощения. Определение частот колебаний, ангармоничности и энергии диссоциации из ИК и КР спектров.
	13	Колебательные спектры многоатомных молекул. Нормальные колебания, система уровней энергии, правила отбора, формы нормальных колебаний. Электронные спектры поглощения многоатомных молекул. Характеристики электронных переходов. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Использование электронных спектров для количественного анализа. Фотоэлектронная спектроскопия.
5	Методы резонансной спектроскопии.	
	14	Физические основы явлений ЯМР. Химический сдвиг и спин-спиновое расщепление в спектрах ЯМР. Заселенность уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы, ширина сигнала. Константа экранирования ядра. Относительный химический сдвиг, его определение и использование в химии. Спин-спиновое взаимодействие ядер, его природа. Протонный магнитный резонанс.
	15	ЯМР на $^{13}\text{C}$ и других ядрах. Применение спектров ЯМР в химии. Техника и методика эксперимента. Сравнение метода ЯМР с другими методами, его достоинства и ограничения.
	16	Принципы спектроскопии электронного парамагнитного (спинового) резонанса. Условие возникновения ЭПР. g-фактор и его значение. Сверхтонкое расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним и несколькими ядрами. Число компонент мультиплета, распределение интенсивности. Тонкое расщепление. Блок-схема ЭПР-спектрометра, особенности эксперимента, достоинства и недостатки метода.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

### 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Физические методы исследования» используются следующие инновационные образовательные технологии:

- разноуровневое обучение; уровневые контрольные работы; уровневый экзамен;
- рейтинговая система; рейтинг уровня учебных достижений студентов;
- технология «дебаты» на коллоквиумах и при сдаче лабораторных работ (технология учебной дискуссии);
- тестовый контроль: бланковое тестирование;
- учебно-исследовательские задачи в лабораторном практикуме;
- технология развития критического мышления.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: технологии смешанного обучения.

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

При самостоятельной работе (СРС) обучающимся предлагается использовать материалы лекций, литературу из доступных электронно-библиотечных систем и различных электронных ресурсов.

Текущая и опережающая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе обучающихся с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме;
- подготовке отчетов к лабораторным работам в соответствии с требованиями,
- подготовке к коллоквиумам и текущему и итоговому контролю;
- подготовке к экзамену.

Методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в приложении 1 к РП.

### 7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Качество освоения студентом материала дисциплины оценивается на экзамене. Экзамен проходит по смешанной устно-письменной форме с учетом накопительной рейтинговой оценки, которая включает результаты текущего контроля знаний студентов.

Текущий контроль предполагает проведение проверочных контрольных работ, работу на практическом занятии, сдачу коллоквиумов, результаты выполнения лабораторного практикума.

#### Рейтинговый контроль

	Лаб. занят.	Коллоквиум	Контр. раб.	Итого
Баллы	5 л.з.·6Б=30Б	4 кол·6Б=24Б	2 к.р.·3Б=6Б	60 Баллов
Мин. кол. бал.	5·4=20Б	4·3=12Б	2·1.5=3Б	35

- 1) Сроки выполнения каждого из видов работ определяются планом-графиком прохождения практикума.
- 2) Для допуска к сдаче экзамена необходимо набрать не менее 35-ти рейтинговых баллов при условии полного выполнения учебного плана.
- 3) Шкала пересчетов суммы рейтинговых баллов в обычные оценки:
  - 85 – 100 баллов – «отлично»
  - 70 – 84 балла – «хорошо»
  - 55 – 69 баллов – «удовлетворительно».



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

К сдаче экзамена допускаются студенты, набравшие не менее 35-ти рейтинговых баллов. Максимальная сумма рейтинговых баллов перед экзаменом – 60.

Экзамены проводятся в форме устного ответа на вопросы билета, состоящего из 2-х теоретических вопросов и одной задачи расчётного характера. Ответ оценивается в рейтинговых баллах. Максимальное число рейтинговых баллов за экзамен – 40. Экзамен не зачитывается, если оценка за него менее 20-ти баллов. Окончательная оценка за знание дисциплины складывается из суммы оценок за практикум и за экзамен.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин. Физические методы исследования в химии: М., Высшая школа, 2007.
2. Каныгина, О.Н. Физические методы исследования веществ / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, В.Л. Бердинский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», о.ф. Кафедра. - Оренбург: ОГУ, 2014. - 141 с.: схем., табл., ил. - Библиогр. в кн.; то же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330539>
3. Физические методы исследования в органической химии. Спектроскопия радиооптического диапазона и масс-спектрометрия /. - Омск: Омский государственный университет, 2009. - 264 с. - ISBN 978-5-7779-1056-1; то же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237133>

### Дополнительная литература:

1. Изотопная масс-спектрометрия легких газообразующих элементов / под ред. В. С. Севастьянова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 236 с: ил., табл. — (Проблемы аналитической химии; Т. 15). — ISBN 978-5-9221-1344-1.
2. Векшин, Н. Л. Флуоресцентная спектроскопия биополимеров: краткий учебный курс / Н. Л. Векшин. — Пушино: Фотон-век, 2008.— 168 с.— 08-04-07010.
3. Кремерс, Дэвид А. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия /Д. Кремерс, Л. Радзиемски; пер. с англ. А. А. Горбатенко [и др.]; под общ. ред. Н. Б. Зорова .— М. : Техносфера, 2009 .— 358 с .— (Мир физики и техники) .— ISBN 978-5-94836-235-9.
4. А. Холанд. Молекулы и модели: Молекулярная структура элементов главных групп. Пер. с англ. – М.: УРСС: КРАСАНДР, 2011. -384 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);

<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office, Mathcad Express, интернет-браузер Internet Explorer, Мой университет.





Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения проектов с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: демонстрационное оборудование (демонстрационные устройства); электронные пособия (презентации), печатные пособия (таблицы, плакаты)



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

**Авторы рабочей программы дисциплины:**

профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, проф., д.х.н. Иванов С.Н.  
доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии, доц., к.х.н. Наумова И.К.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной химии 29 августа 2024 г., протокол № 14.

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(подпись)