

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
общей и неорганической химии



В. Н. Семенов  
21.06.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.10 Физические методы исследования**

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.03.01 «Химия»
- 2. Профиль подготовки/специализации:** «Физическая химия»
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма образования:** очно-заочная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
кафедра общей и неорганической химии
- 6. Составитель программы:** Семенов Виктор Николаевич, заведующий кафедрой общей и неорганической химии, доктор химических наук, профессор
- 7. Рекомендована:** НМС химического факультета 24.05.2018, протокол № 5
- 8. Учебный год:** 2023/2024 **Семестр:** 9

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель и задача изучения дисциплины «Физические методы исследования» заключается в ознакомлении студентов с принципиальными основами, практическими возможностями и ограничениями важнейших для химиков физических методов исследования, знакомство с их аппаратным оснащением и условиями проведения эксперимента.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП – Б1.В.10 дисциплина вариативной части.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-2	владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<u>знать</u> : методы исследования свойств химических веществ. <u>уметь</u> : пользоваться современной аппаратурой. <u>владеть</u> (иметь навык(и)): навыками применения современных ФМИ при проведении научных исследований

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) Зачет с Оценкой

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		9 семестр	№ семестра	...
Контактные занятия	32	32		
в том числе: лекции	16	16		
практические	16	16		
лабораторные	-	-		
Самостоятельная работа	36	36		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.)	Зачет	Зачет		
Итого:	40	40		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение	Значение ФМИ в химии. Общая характеристика и классификация методов.
1.2	Оптические методы исследования	Оптические методы исследования. Взаимодействие электромагнитного излучения и корпускулярного излучения с ядрами, атомами, молекулами и их структурными

		образованиями. Колебательная спектроскопия. Виды движения атомов и молекул. Колебания двухатомных молекул. Применение колебательной спектроскопии для химических исследований.
1.3	Рентгеновские методы исследования	Природа рентгеновских спектров. Закон Мозли. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Закон Вульфа-Брэгга. Методы рентгено-структурного анализа. Фазовый анализ. Рентгеновская дифрактометрия. Анализ по вторичному рентгеновскому излучению.
1.4	Газовая Электронография	Рассеяние электронов двухатомной молекулой в гармоническом приближении колебания ядер. Схема эксперимента. Условия получения электронограмм.
1.5	Масс - спектроскопия.	Принцип действия масс-спектрометра и его устройство. Методы ионизации. Времяпролетный масс-спектрометр. Примеры расшифровки масс – спектров. Идентификация вещества. Роль разрешения, потенциалов появления, методов ионизации, метастабильных ионов.
1.6	Магнетохимия	Поведение вещества во внешнем постоянном магнитном поле. Природа явлений диа-, пара-, ферро- и ферримагнетизма. Законы Кюри и Кюри-Вейса. Микроскопическая природа магнетизма.
1.7	Резонансные методы.	Электронный парамагнитный резонанс. Условие резонанса. Достоинства и ограничения метода. Ядерный магнитный резонанс. Характеристика ядер. Зеемановское расщепление. Условие резонанса. Химический сдвиг. Константа экранирования ядра.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Введение	Значение ФМИ в химии. Общая характеристика и классификация методов.
2.2	Оптические методы исследования	Оптические методы исследования. Взаимодействие электромагнитного излучения и корпускулярного излучения с ядрами, атомами, молекулами и их структурными образованиями. Колебательная спектроскопия. Виды движения атомов и молекул. Колебания двухатомных молекул. Применение колебательной спектроскопии для химических исследований.
2.3	Рентгеновские методы исследования	Природа рентгеновских спектров. Закон Мозли. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Закон Вульфа-Брэгга. Методы рентгено-структурного анализа. Фазовый анализ. Рентгеновская дифрактометрия. Анализ по вторичному рентгеновскому излучению.
2.4	Газовая Электронография	Рассеяние электронов двухатомной молекулой в гармоническом приближении колебания ядер. Схема эксперимента. Условия получения электронограмм.
2.5	Масс - спектроскопия.	Принцип действия масс-спектрометра и его устройство. Методы ионизации. Времяпролетный масс-спектрометр. Примеры расшифровки масс – спектров. Идентификация вещества. Роль разрешения, потенциалов появления, методов ионизации, метастабильных ионов.
2.6	Магнетохимия	Поведение вещества во внешнем постоянном магнитном поле. Природа явлений диа-, пара-, ферро- и ферримагнетизма. Законы Кюри и Кюри-Вейса. Микроскопическая природа магнетизма.
2.7	Резонансные методы.	Электронный парамагнитный резонанс. Условие резонанса.

		Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента, достоинства и ограничения метода. Ядерный магнитный резонанс. Характеристика ядер. Зеемановское расщепление. Условие резонанса. Блок-схема ЯМР-спектрометра, его характеристики. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Химический сдвиг. Константа экранирования ядра.
--	--	--

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
01	Введение	2	2	-	4	8
02	Оптические методы исследования	2	2	-	4	8
03	Рентгеновские методы исследования	2	2	-	4	8
04	Газовая Электронография	2	2	-	4	8
05	Масс - спектроскопия.	2	2	-	4	8
06	Магнетохимия	2	2	-	12	16
07	Резонансные методы.	4	4	-	8	16
	Итого:	16	16	-	40	72

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:** работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Ярышев Н.Г. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе / Н.Г. Ярышев ; Панкратов Д. А. ; Токарев М. И. ; Камкин Н. Н. ; Родякина С. Н. — Москва : Прометей, 2012 .— 159 с. ISBN 978-5-4263-0122-1 .— &lt;URL:&lt;a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=212909"&gt;http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=212909&lt;/a&gt;</i>
2	<i>Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. - Москва : Мир. 2012. - 688 с.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	<i>Физические методы исследования неорганических веществ: учеб. пособие / Т. Г. Баличева [и др.] ; под ред. А. Б. Никольского. - Москва : Academia. 2006. - 442 с.</i>
4	<i>Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. - Москва : Высш. шк.. 1987. - 368 с.</i>
5	<i>Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. - Москва : Высш. шк.. 1989. - 287 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
2.	<a href="http://www.plib.ru/library/">www.plib.ru/library/</a>
3.	<a href="http://rushim.ru/books/books.htm">http://rushim.ru/books/books.htm</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Бондарев Ю. М. Физические методы исследования (Часть 1). / Ю. М. Бондарев, А.М. Ховив ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005. — 31 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийной техники и ноутбука.

Практические занятия проводятся с использованием оборудования физико-химической лаборатории: учебно-лабораторный комплекс "ВЛАДИС", весы электронные, средства пожаротушения.

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2	<u>знать</u> : методы исследования свойств химических веществ.	1.2 – 1.7 основные ФМИ химических веществ	Устный опрос
	<u>уметь</u> : пользоваться современной аппаратурой.	1.2 Оптические методы исследования	Практическое задание
	<u>владеть</u> (иметь навык(и)): навыками применения современных ФМИ при проведении научных исследований	1.1-1.7 комплекс ФМИ химических веществ	Устный опрос
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>КИМ</b>

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

**19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации**

Для оценивания результатов обучения на дифференцированном зачете используются следующие показатели:

- владение теоретическими основами ФМИ,
- способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований,
- применять теоретические знания для объяснения взаимосвязи свойств химических веществ с применением конкретного метода исследования.

Для оценивания результатов обучения на дифференцированном зачете используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Студент четко формулирует определения, законы, понимает их суть, правильно записывает все основные формулы, применяет их к решению практических задач, приводит примеры. На основании положения элемента в периодической системе дает характеристику основных физико-химических свойств элемента и соответствующих простых и сложных соединений. Знает основные закономерности изменения кислотно-основных характеристик и окислительно-восстановительной активности элементов в периодах и группах периодической системы. Понимает генетическую связь между различными классами химических соединений. Знает основные способы получения и области применения важнейших неорганических соединений, их химические свойства.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно демонстрирует умение применять теоретические знания для решения ситуационных практических задач.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей. Знание основного учебного материала, предусмотренного программой; ответ неполный, без обоснований, объяснений, с ошибками, которые устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Знания несистематические, отрывочные; в ответах допущены грубые, принципиальные ошибки, которые не устраняются после наводящих вопросов преподавателя.	–	Неудовлетворительно

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Методы определения физических свойств. Физическая теория метода. Прямая и обратная задачи физического метода. Понятие корректно поставленных задач в математике.
2. Электромагнитное излучение - основные характеристики излучения (частота, длина

- волны, волновое число).
3. Абсорбционная спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой (УФ) областях. Валентные, деформационные, крутильные колебания молекул. Принцип Франка–Кондона. Закон Бугера-Ламбета-Бера. Колебательные спектры поглощения.
  4. Классическая модель колебания двухатомной молекулы. Колебания молекулы в приближении гармонического и ангармонического осцилляторов (кривая Морзе). ИК-спектроскопия - техника и методики (ИК-прозрачные материалы, приготовление образцов).
  5. Рентгеновское излучение и его взаимодействие с веществом. Опасные факторы рентгеновского излучения. Устройство современной рентгеновской трубки. Метод регистрации рентгеновских лучей.
  6. Типы и природа возникновения рентгеновских спектров. Закон Мозли.
  7. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах (закон Вульфа-Брегга). Рентгеноструктурный анализ (метод Лауэ и метод порошка).
  8. Рентгенофазовый анализ. Анализ по вторичному рентгеновскому излучению (рентгенофлуоресцентный)
  9. Рентгеновская дифрактометрия.
  10. Волновые представления Де Бройля. Электронограф Вирля, схема эксперимента. Использование секторного устройства. Возможности и недостатки электронографического метода.
  11. Открытие нейтрона. Тепловые нейтроны. Нейтронография и ее возможности.
  12. Механизмы ионизации (молекулярная, диссоциативная). Способы ионизации (электронный удар, фотоионизация, химическая ионизация, комбинированные методы).
  13. Кривая эффективности ионизации ионов. Параметры ионов, изучаемых в масс-спектрометрах. Устройство ионного источника.
  14. Принципиальная схема магнитного масс-спектрометра (расчет радиуса кривизны траектории движения ионов).
  15. Времяпролетный масс-спектрометр.
  16. Поведение веществ во внешнем магнитном поле. Магнитная восприимчивость веществ.
  17. Природа явлений диа-, пара- и ферромагнетизма. Законы Кюри и Кюри-Вейса. Петля гистерезиса. Экспериментальное определение поправки Вейса.
  18. Измерение магнитной восприимчивости (методы Гуи, Квинке, Фарадея).
  19. Эффект Зеемана (поведение электрона в магнитном поле). Условие ЭПР. Вид спектра ЭПР и основные параметры линии спектра ЭПР (резонансное значение напряженности магнитного поля и  $g$ -фактор, интенсивность, ширина и форма линии). Расщепление сигнала ЭПР при взаимодействии с одним и несколькими ядрами.
  20. Блок-схема спектрометра ЭПР, особенности эксперимента. Достоинства и ограничения метода.
  21. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Существующие типы ядер атомов и их магнитные свойства. Электрический квадрупольный момент ядра. Физические основы ЯМР. Снятие вырождения спиновых состояний в постоянном магнитном поле. Условие резонанса.
  22. Химический сдвиг в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра.
  23. Блок-схема спектрометра ЯМР и ее отличие от схемы ЭПР.

### 19.3.3 Перечень заданий для контрольных работ

1. Типы и природа возникновения рентгеновских спектров. Закон Мозли.
2. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах (закон Вульфа-Брегга).
3. Рентгеноструктурный анализ (метод Лауэ и метод порошка).
4. Рентгенофазовый анализ. Анализ по вторичному рентгеновскому излучению (рентгенофлуоресцентный)
5. Рентгеновская дифрактометрия.
6. Волновые представления Де Бройля. Электронограф Вирля, схема эксперимента. Возможности и недостатки электронографического метода.

7. Принципиальная схема магнитного масс-спектрометра (расчет радиуса кривизны траектории движения ионов).
8. Времяпролетный масс-спектрометр.
9. Природа явлений диа-, пара- и ферромагнетизма. Законы Кюри и Кюри-Вейса. Петля гистерезиса. Экспериментальное определение поправки Вейса.
10. Измерение магнитной восприимчивости (методы Гуи, Квинке, Фарадея).
11. Эффект Зеемана (поведение электрона в магнитном поле).
12. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Существующие типы ядер атомов и их магнитные свойства.
13. Химический сдвиг в спектрах ЯМР. Константа экранирования ядра.

**19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме *устного опроса (фронтальная беседа, доклады); письменных работ (контрольные)*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.