

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«19» мая 2023 г.

**Рабочая программа**  
**«Физико-химические методы анализа»**

Направление подготовки  
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)  
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
протокол № 7 от «17» апреля 2023 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является освоение студентами основ физико-химических методов анализа, включая изучение теоретических основ методов и аспекты их практического применения.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физико-химические методы анализа» относится к обязательной части Блока 1, модуль «Аналитическая химия» (Б1.О.08.03).

Базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: общая и неорганическая химия качественный и количественный химический анализ. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины необходимы при изучении органической химии, физической химии, для выполнения выпускной работы, в научно-производственной и проектной деятельности, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Физико-органическая и фармацевтическая химия».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

<b>Формируемая компетенция (код и формулировка)</b>	<b>Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения</b>
<b>Универсальные компетенции</b>		
<b>УК-8</b> Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.	<b>УК-8.3</b> Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.	<b>Знать:</b> – проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте. <b>Уметь:</b> – идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности. <b>Владеть навыками:</b> – поддерживать безопасные условия жизнедеятельности при возникновении чрезвычайных ситуаций.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-1</b> Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.	<b>ОПК-1.1</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.	<b>Знать:</b> – теоретические и полуэмпирические модели для изучения свойств веществ и процессов с их участием. <b>Уметь:</b> – использовать стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности. <b>Владеть навыками:</b> – обработки и интерпретации экспериментальных данных.

	<p><b>ОПК-1.2</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные понятия и законы химии; – основы фундаментальных теорий современной химии. <b>Уметь:</b> – применять законы и общие закономерности при проведении собственных исследований. <b>Владеть навыками:</b> – интерпретировать результаты наблюдений и исследований с использованием законов и представлений химии.</p>
	<p><b>ОПК-1.3</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>	<p><b>Знать:</b> – теоретические основы традиционных и новых разделов химии. <b>Уметь:</b> – систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов. <b>Владеть навыками:</b> – формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ.</p>
<p><b>ОПК-2</b> Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.</p>	<p><b>ОПК-2.1</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы физико-химических методов изучения структуры и свойств веществ. <b>Уметь:</b> – выполнять эксперимент с соблюдением правил техники безопасности. <b>Владеть:</b> – методами сбора, обработки, систематизации и представления полученной информации.</p>
	<p><b>ОПК-2.3</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.</p>	<p><b>Знать:</b> – физические законы и представления для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе. <b>Уметь:</b> – обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик. <b>Владеть навыками:</b> – интерпретировать результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.</p>

	<p><b>ОПК-2.4</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные типы оборудования, применяемого в научно-исследовательских лабораториях. <b>Уметь:</b> – выполнять эксперимент с соблюдением правил техники безопасности. <b>Владеть навыками:</b> – практической работы на современных приборах и оборудовании при проведении аналитических исследований.</p>
<p><b>ОПК-3</b> Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники.</p>	<p><b>ОПК-3.1</b> Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные приемы решения и оценки экспериментальных и теоретических исследований. <b>Уметь:</b> – использовать теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности. <b>Владеет навыками:</b> – применения вычислительной техники для изучения свойств веществ и процессов с их участием.</p>
	<p><b>ОПК-3.2</b> Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.</p>	<p><b>Знать:</b> – теоретические и полуэмпирические модели для изучения свойств веществ и процессов с их участием. <b>Уметь:</b> – применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ. <b>Владеть навыками:</b> – использования современной вычислительной техники.</p>
<p><b>ОПК-4</b> Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач.</p>	<p><b>ОПК-4.2</b> Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.</p>	<p><b>Знать:</b> – стандартные способы аппроксимации численных характеристик. <b>Уметь:</b> – планировать работы химической направленности. <b>Владеть навыками:</b> – использовать стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности.</p>
	<p><b>ОПК-4.3</b> Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.</p>	<p><b>Знать:</b> – физические законы и представления для их применения при обработке результатов физико-химических исследований. <b>Уметь:</b> – логически обосновывать взаимосвязь физических величин, на основании которых проводится обработка и анализ полученных данных. <b>Владеть навыками:</b> – интерпретировать результаты наблюдений и исследований с использованием физических законов и представлений.</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 акад.ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Электронная спектроскопия (видимая и УФ-области).	4	4		12	1		5,0	Отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Электронная спектроскопия». ЭУК в Moodle
2	Инфракрасная и КР-спектроскопия.	4	3		8	1		4,5	Отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Инфракрасная спектроскопия». ЭУК в Moodle
3	Люминесцентные методы анализа.	4	3		4	0,5		4,5	Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Люминесцентные методы анализа». ЭУК в Moodle
4	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.	4	3		5	1		4,5	Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Спектроскопия ядерного магнитного резонанса». ЭУК в Moodle
5	Метод электронного парамагнитного резонанса.	4	2		4	1		4,5	Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Метод электронного парамагнитного резонанса». ЭУК в Moodle
6	Метод ядерного гамма-резонанса.	4	3		4	0,5		4,5	Опрос по контрольным вопросам. Тесты.

	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме " Метод ядерного гамма-резонанса <i>ЭУК в Moodle</i>
7	Хроматографические методы анализа.	4	4		12	1		4,5	Отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Хроматографические методы анализа». <i>ЭУК в Moodle</i>
8	Масс-спектрометрия. Хромато-масс-спектрометрия.	4	3		4	1		4,5	Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Масс-спектрометрия». <i>ЭУК в Moodle</i>
9	Кондуктометрический метод анализа.	4	4		12	1		4,5	Отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме "«Кондуктометрический метод анализа»». <i>ЭУК в Moodle</i>
10	Потенциометрический метод анализа.	4	4		12	0,5		4,5	Отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Потенциометрический метод анализа». <i>ЭУК в Moodle</i>
11	Вольтамперометрия.	4	3		8	0,5		4,5	Отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам. Тесты.
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		2	Тест по теме «Вольтамперометрия». <i>ЭУК в Moodle</i>
						2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>		<b>85</b>	<b>11</b>	<b>0,5</b>	<b>83,5</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Электронная спектроскопия (Видимая и УФ-области).	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2	Инфракрасная и КР-спектроскопия	4			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Люминесцентные методы анализа	4			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	4			5				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
5	Метод электронного парамагнитного резонанса	4			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
6	Метод ядерного гамма-резонанса	4			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
7	Хроматографические методы анализа	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
8	Масс-спектрометрия. Хромато-масс-спектрометрия.	4			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
9	Кондуктометрический метод анализа	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
10	Потенциометрический метод анализа	4			12				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
11	Вольтамперометрия	4			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
									Экзамен
	<b>ИТОГО</b>				<b>85</b>				

##### Содержание разделов дисциплины:

###### Электронная спектроскопия.

1. Спектр электромагнитных колебаний. Длина волны, частота, волновое число, энергия электромагнитного излучения. Единицы измерения этих величин.
2. Закон Бугера-Ламберта-Беера. Светопроникание, абсорбция, молярный коэффициент ослабления. Отклонения от закона Беера.

3. Определение концентрации растворенного вещества по величине абсорбции, метод калибровочных кривых. Чувствительность колориметрического метода. Анализ с помощью реагентов.
  4. Правило выбора светофильтра, длины волны и толщины кюветы.
  5. Спектры поглощения. Определение молярного коэффициента ослабления по спектрам поглощения.
  6. Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей.
  7. Количественный анализ по УФ-спектрам.
  8. Качественный анализ по УФ-спектрам: хромофоры, батохромный и гипсохромный сдвиги.
  9. Источники, монохроматоры, приемники излучения, материал оптики в видимой и ультрафиолетовой области. Растворители в УФ-спектроскопии.
- Лабораторная работа: Определение хрома дифенилкарбазидным методом.  
Лабораторная работа: Определение концентрации аминокислот спектрофотометрическим методом.

### **Инфракрасная и КР-спектроскопия.**

1. Сопоставление механизмов поглощения образцами ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.
  2. Валентные и деформационные колебания.
  3. Рекомендации по расшифровке инфракрасных спектров (корреляционные диаграммы, таблицы характеристических частот).
  4. Количественный анализ по ИК-спектрам.
  5. Подготовка образцов: растворы, тонкие пленки, пасты, твердые вещества, газы.
  6. Устройство приборов: источники, монохроматоры и приемники излучения.
  7. Особенности солевой оптики.
  8. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (КР)
    - 8.1. Теоретические основы метода.
    - 8.2. Спектры КР.
    - 8.3. Возможности метода КР.
    - 8.4. Спектральная аппаратура и образцы.
- Лабораторная работа: Определение строения ароматических соединений по инфракрасным спектрам.  
Лабораторная работа: Определение концентрации циклогексанона в циклогексане.

### **Люминесцентные методы анализа.**

1. Люминесценция, виды люминесценции
2. Теоретические основы люминесцентного метода анализа.
3. Понятие о синглете и триплете.
4. Внутренняя конверсия, интеркомбинационная конверсия.
5. Флуоресценция и фосфоресценция.
6. Принцип Франка-Кондона.
7. Квантовый выход. Определение квантового выхода.
8. Законы Стокса и Вавилова, правило Каши.
9. Качественный и количественный анализ.

### **Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.**

1. Ядра, имеющие магнитный момент.
2. Теоретические основы метода. Условие резонанса.
3. Химический сдвиг. Эталонное вещество. Факторы, влияющие на величину химического сдвига.
4. Спин-спиновое взаимодействие.



5. Аналитические параметры ПМР-спектра.
6. Приборы. Применение ПМР.

#### **Метод электронного парамагнитного резонанса**

1. Теоретические основы метода.
2. Аналитические параметры ЭПР-спектра.
3. Спиновые метки, спиновые зонды.
4. Применение ЭПР.
5. Спектрометры ЭПР.

#### **Метод ядерного гамма-резонанса.**

1. Теоретические основы метода.
2. Аналитические параметры ЯГР-спектра.
3. Блок-схема.
4. Применение ЯГР.

#### **Хроматографические методы анализа.**

1. Теоретические основы методов хроматографии.
2. Принципы классификации хроматографических методов.
3. Жидкостно-адсорбционная хроматография (ТСХ: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, методы количественного определения).
4. Жидкостно-жидкостная хроматография (хроматография на бумаге: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения).
5. Проникающая хроматография (сущность метода, структура ячейки сефадекса, методы количественной оценки).
6. Разделение веществ методом ВЭЖХ. Блок-схема жидкостного хроматографа. Области применения ВЭЖХ.
7. Теоретические основы газо-жидкостной хроматографии.
8. Принцип выбора газа-носителя, жидкой фазы, твердого носителя.
9. Неполлярные и полярные жидкие фазы.
10. Качественный анализ. Зависимость времени удерживания от различных факторов.
11. Способы количественного обсчета хроматограмм.
12. Принципиальная схема хроматографической установки.
13. Принцип работы дифференциальных детекторов.
14. Сущность капиллярной газо-жидкостной хроматографии.
15. Области применения газовой хроматографии.

Лабораторная работа: Определение углеводов методом тонкослойной хроматографии.

Лабораторная работа: Анализ многокомпонентной смеси углеводов методом газо-жидкостной хроматографии.

#### **Масс-спектрометрия.**

1. Основы метода. Метод ионизации электронным ударом. Энергия ионизации.
2. Принципиальная схема масс-спектрометра.
3. Типы фрагментации.
4. Химическая ионизация.
5. Масс-спектры. Разрешающая способность.
6. Закономерности фрагментации.
7. Возможности масс-спектрометрии.
8. Хроматомасс-спектрометрия. Рекомендации по расшифровке спектров.

#### **Кондуктометрический метод анализа.**

1. Электропроводность, ее размерность. Принцип метода определения электропроводности.
  2. Удельная электропроводность, ее размерность. Зависимость удельной электропроводности от температуры, концентрации ионов и их подвижности.
  3. Постоянная сосуда, ее физический смысл.
  4. Молярная электропроводность, ее размерность. Зависимость молярной электропроводности от температуры, концентрации ионов и их подвижности.
  5. Сущность метода кондуктометрического титрования.
  6. Ход кривых кондуктометрического титрования.
  7. Преимущества метода кондуктометрического титрования перед объемными методами.
- Лабораторная работа: Анализ кислот и отдельных компонентов их смеси методом кондуктометрического титрования.
- Лабораторная работа: Определение удельной электропроводности воды.

### **Потенциометрический метод анализа.**

1. Потенциометрические методы анализа.
  2. Гальванический элемент, ЭДС гальванического элемента.
  3. Электродный потенциал, уравнение Нернста для электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал.
  4. Типы электродов.
  5. Диффузионный потенциал. Солевой мостик и его назначение.
  6. Индикаторные электроды и электроды сравнения (водородный, каломельный, хлорсеребряный).
  7. Сущность потенциометрического определения рН раствора.
  8. Стекланный электрод, достоинства и недостатки стекланный электрода.
  9. Ионоселективные электроды.
  10. Достоинства, недостатки и области применения метода прямой потенциометрии.
  11. Водородный показатель.
  12. Активность, коэффициент активности, их вычисление.
  13. Кривые потенциометрического титрования.
  14. Достоинства и применение потенциометрического титрования в неводных средах.
- Лабораторная работа: Анализ кислот и отдельных компонентов их смеси методом потенциометрического титрования.
- Лабораторная работа: Определение нитрат-ионов в техническом образце (фторид-ионов и хлорид-ионов).

### **Вольтамперометрия.**

1. Сущность вольтамперометрического метода.
  2. Вольтамперная кривая.
  3. Полярографический фон и его назначение.
  4. Диффузионный ток, его определение и связь с концентрацией растворенного вещества.
  5. Потенциал полуволны, применение потенциала полуволны в качественном анализе.
  6. Устройство простейшего полярографа, ртутного капающего и вращающегося платинового микроэлектродов. Электрохимические процессы, протекающие на ртутном капающем электроде.
  7. Хроноамперометрия с линейной разверткой потенциала.
  8. Инверсионная вольтамперометрия.
  9. Практическое применение вольтамперометрии.
- Лабораторная работа: Обнаружение ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$
- Лабораторная работа: Обнаружение ионов  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{+}$

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и знакомит студентов с системой изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с задачами и целями данного курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. На лекции рассматриваются методические и организационные особенности изучения данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** – последовательное изложение учебного материала в виде монолога преподавателя с применением презентаций и таблиц по теме. Возможно также общение со студентами при рассмотрении примеров и фактов, знакомых из школьного материала или смежных учебных дисциплин. Требования к академической лекции: современный научный уровень, информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, современных фактов.

**Лабораторное занятие** – посвящено освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний на практике. В лабораторных работах осуществляется интеграция теоретико-методологических знаний с практическими умениями и навыками студентов в условиях той или иной степени близости к реальной профессиональной деятельности.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Физико-химические методы анализа» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины;
- сохраняются оценки, полученные учащимися в процессе изучения курса, в том числе в очном режиме.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;

- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» [http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» <https://www.urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант Студента» <https://www.studentlibrary.ru/>
4. NIST Chemistry WebBook. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>. База данных содержит информацию о термодинамических свойствах веществ, спектрах, константах двухатомных молекул и т.п.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Физико-химические методы анализа: учебное пособие для вузов / В.Н. Казин [и др.]; под редакцией Е.М. Плисса. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 201 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-14964-7. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/485733>
2. Казин В.Н. Физико-химические методы анализа Учебно-методическое пособие / Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2016. – 55 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160305.pdf>
3. Казин В.Н. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / В.Н. Казин, Т.Н. Орлова, И.В. Тихонов; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2011. – 72 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110313.pdf>

### **б) дополнительная литература**

1. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии // Учеб. пособие (гриф УМО); Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2002. – 172 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20020305.pdf>
2. Васильев В.П. Аналитическая химия: учебник для вузов : в 2 кн. Кн. 2, Физико-химические методы анализа / В. П. Васильев; М-во образования РФ. – М.: Дрофа, 2007. – 383 с. – ISBN 978-5-358-03521-8, 978-5-358-03520-1. [http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=359164&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=359164&cat_cd=YARSU)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных работ используются: весы лабораторные, весы аналитические, учебно-лабораторный комплекс «Химия» (модуль "Универсальный контроллер" – 6 шт., модуль "Термический анализ" – 1 шт., модуль "Термостат" – 3 шт., модуль "Электрохимия" – 2 шт.), УФ- и ИК-спектрометры, хроматографы, кондуктометры, компьютеры и др.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Профессор института  
фундаментальной и прикладной химии, д.х.н.



В.Н. Казин

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Физико-химические методы анализа»**

**Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и  
промежуточной аттестации студентов по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**1.1. Контрольные вопросы к разделам по дисциплине «Физическая химия и методы  
анализа», необходимые для текущего контроля успеваемости**

***Рекомендуемая литература:***

1. Физико-химические методы анализа: учебное пособие для вузов / В.Н. Казин [и др.]; под редакцией Е.М. Плисса. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 201 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-14964-7. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/485733>
2. Казин В.Н. Физико-химические методы анализа Учебно-методическое пособие / Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2016. – 55 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160305.pdf>
3. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии // Учеб. пособие (гриф УМО); Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2002. – 172 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20020305.pdf>

**Тема. Спектральные методы анализа [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-5. С. 16.

**Тема. Электронная спектроскопия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-6. С. 28.

**Тема. Методы колебательной ИК- и КР-спектроскопии [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-13. С. 47.

**Тема. Эмиссионная спектроскопия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-13 С. 62.

**Тема. Ядерный магнитный резонанс [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-12. С. 85.

**Тема. Электронный парамагнитный резонанс [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-7. С. 105.

**Тема. Масс-спектрометрия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-6. С. 120.

**Тема. Метод ядерного гамма-резонанса (лекция).**

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

**Тема. Кондуктометрия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-10. С. 130.

**Тема. Потенциометрия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-10. С. 143.

**Тема. Вольтамперометрия [1]**

Подготовить ответы на контрольные вопросы № 1-10. С. 154.

**Тема. Хроматографические методы анализа [1]**

Подготовить ответы на вопросы № 1-29. С. 197.

## Тестовые задания

(данные задания размещены в ЭУК Moodle и являются обязательными для выполнения)

В процессе изучения курса студенты должны выполнить тестовые задания по всем вышеприведенным темам.

### **Пример тестового задания для проведения промежуточной аттестации по теме «Электронная спектроскопия»**

1. Разбейте спектр электромагнитных колебаний на области и расположите их в сторону уменьшения длины волны и увеличения энергии:

- а) микроволны, инфракрасное излучение, радиоволны, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение,  $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение;
- б)  $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое излучение, видимые лучи, инфракрасное излучение, микроволны, радиоволны;
- в) радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение;
- г) инфракрасное излучение, микроволны, радиоволны, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение.

2. Какими соотношениями определяется энергия электромагнитного излучения?

- а)  $\Delta E = h \cdot \bar{\nu} = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \nu$ ; б)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \lambda / c = h \cdot \lambda \cdot \bar{\nu}$ ; в)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \lambda / c = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ ;
- г)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ .

3. Укажите единицы измерения длины волны, частоты и волнового числа:

- а)  $\nu$  [Гц];  $\lambda$  [м];  $\bar{\nu}$  [см<sup>-1</sup>]; б)  $\nu$  [Гц];  $\lambda$  [см<sup>-1</sup>];  $\bar{\nu}$  [м]; в)  $\nu$  [м];  $\lambda$  [см<sup>-1</sup>];  $\bar{\nu}$  [Гц];
- г)  $\nu$  [см];  $\lambda$  [Гц];  $\bar{\nu}$  [см<sup>-1</sup>].

4. Какое излучение называют монохроматическим?

- а) излучение, заключенное в таком узком интервале длин волн, что дальнейшее его сжатие не позволяет получить о веществе дополнительную информацию; б) излучение, заключенное в широком интервале длин волн; в) лучи от любого источника излучения;
- г) видимый свет.

5. Запишите математическое выражение закона Бера:

- а)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ ; б)  $A = \varepsilon \cdot C \cdot l$ ; в)  $k = \varepsilon \cdot C$ ; г)  $T = I / I_0$ .

6. Укажите единицы измерения абсорбции вещества:

- а) л/моль·см; б) безразмерная величина; в) %; г) моль/л.

7. В каком интервале изменяется абсорбция вещества?

- а) от 0 до 100%; б) от 0 до 1; в) изменяется от нуля до бесконечности; г) от 0 до 2.

8. Укажите единицы измерения коэффициента ослабления (экстинкции):

- а) безразмерная величина; б) л/моль·см; в) моль/л; г) %.

9. Укажите причины положительного и отрицательного отклонения от закона Бера:

- а) сольватация растворенных веществ; б) диссоциация с образованием большего числа поглощающих частиц – положительное отклонение; ассоциации молекул друг с другом – отрицательное отклонение; в) сольватация растворенных веществ, ассоциация молекул друг с другом – положительное отклонение, диссоциация с образованием большего числа

поглощающих частиц – отрицательное отклонение; г) закон Беера выполняется во всех случаях.

10. Чем определяется чувствительность колориметрического метода?

а) величиной абсорбции вещества; б) величиной  $\text{tg}\alpha = \varepsilon \cdot l$ , чем выше коэффициент ослабления (при  $l = \text{const}$ ), тем чувствительнее метод; в) светопропусканием или прозрачностью образца; г) величиной  $\text{tg}\alpha = \varepsilon \cdot l$ , чем ниже коэффициент ослабления (при  $l = \text{const}$ ), тем чувствительнее метод.

### Критерии оценивания результатов текущего контроля успеваемости

Форма текущего контроля успеваемости	Правила выставления оценки
Опрос, коллоквиум	<p>- <i>Отлично</i> выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа рассказа (лекции) преподавателя, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов; полное выполнение задания.</p> <p>- <i>Хорошо</i> выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме рассказа (лекции) преподавателя с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя; выполнение задания с незначительными ошибками.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов; или обучающийся приступил к выполнению задания, наметил алгоритм решения, но допустил серьезные ошибки на этапах решения.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин; или обучающийся не приступал к выполнению задания или не смог выработать алгоритм его решения.</p>
Лабораторная работа	<p>- <i>Отлично</i> выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.</p> <p>- <i>Хорошо</i> выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе</p>



	<p>алгоритма решения задания.</p> <p>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.</p> <p>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл</p>
Тест с вводом ответа	<p>86-100% %- отлично (зачет)</p> <p>71-85% %- хорошо (зачет)</p> <p>55-70% %- удовлетворительно (зачет)</p> <p>менее 55% – неудовлетворительно (незачет)</p>

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к экзамену

1. Спектр электромагнитных колебаний. Длина волны, частота, волновое число, энергия электромагнитного излучения. Закон Бугера-Ламберта-Беера. Светопропускание, абсорбция, молярный коэффициент ослабления. Отклонения от закона Беера.
2. Определение концентрации растворенного вещества по величине абсорбции, метод калибровочных кривых. Чувствительность колориметрического метода. Анализ с помощью реагентов. Правило выбора светофильтра, длины волны и толщины кюветы. Спектры поглощения. Определение молярного коэффициента ослабления по спектрам поглощения.
3. Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей. Количественный анализ по УФ-спектрам. Качественный анализ по УФ-спектрам: хромофоры, батохромный и гипсохромный сдвиги. Источники, монохроматоры, приемники излучения, материал оптики в видимой и ультрафиолетовой области. Растворители в УФ-спектроскопии.
4. Сопоставление механизмов поглощения образцами ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Валентные и деформационные колебания. ИК-спектры, число колебательных степеней свободы, обертоны, вырождение.
5. Рекомендации по расшифровке инфракрасных спектров (корреляционные диаграммы, таблицы характеристических частот, характеристические и нехарактеристические колебания, интенсивность полос). Количественный анализ по ИК-спектрам.
6. Подготовка образцов в ИК-спектроскопии: растворы, тонкие пленки, пасты, твердые вещества, газы. Устройство приборов: источники, монохроматоры и приемники излучения. Особенности солевой оптики.
7. Люминесценция, виды люминесценции. Теоретические основы люминесцентного метода анализа. Понятие о синглете и триплете. Внутренняя и интеркомбинационная конверсии. Флуоресценция и фосфоресценция. Принцип Франка-Кондона.
8. Квантовый выход. Определение квантового выхода. Законы Стокса и Вавилова, правило Каши. Качественный и количественный анализ по спектрам люминесценции. Флуоресцентные метки и зонды.

9. Ядерный магнитный резонанс. Ядра, имеющие магнитный момент. Условие резонанса. Химический сдвиг. Эталонное вещество. Факторы, влияющие на величину химического сдвига. Спин-спиновое взаимодействие. Аналитические параметры ПМР-спектра. Приборы. Применение ПМР.
10. Теоретические основы метода электронного парамагнитного резонанса. Аналитические параметры ЭПР-спектра. Применение ЭПР. Спиновые метки, спиновые зонды.
11. Основы метода масс-спектрометрии. Энергия ионизации. Метод ионизации электронным ударом. Принципиальная схема масс-спектрометра.
12. Типы фрагментации (диссоциация и перегруппировка). Химическая ионизация. Масс-спектры. Разрешающая способность. Закономерности фрагментации. Возможности масс-спектрометрии. Хроматомасс-спектрометрия.
13. Что называется электропроводностью, какова ее размерность? Принцип метода определения электропроводности. Постоянная сосуда, ее физический смысл. Удельная электропроводность, ее размерность. Зависимость удельной электропроводности от концентрации ионов и их подвижности.
14. Молярная электропроводность, ее размерность. Зависимость молярной электропроводности от концентрации ионов. Влияние температуры на электропроводность. Почему нельзя проводить измерение электропроводности раствора, если электроды не полностью погружены в жидкость? В чем состоит сущность метода кондуктометрического титрования?
15. От чего зависит ход кривых кондуктометрического титрования? В каких случаях имеет место отклонение кривых от линейного хода? Преимущества метода кондуктометрического титрования.
16. На чем основаны потенциометрические методы анализа? Что такое гальванический элемент? Что такое э.д.с. гальванического элемента? Что такое электродный потенциал? Уравнение Нернста для электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Диффузионный потенциал. Солевой мостик и его назначение.
17. Какие функции выполняют индикаторные электроды и электроды сравнения? Электроды сравнения: водородный, каломельный, хлорсеребряный. Водородный показатель, пределы его изменения. Какие индикаторные электроды могут быть использованы для определения pH?
18. Применение метода прямой потенциометрии. Ионоселективные электроды. Устройство стеклянного электрода. Достоинства и недостатки стеклянного электрода. Кривые потенциометрического титрования. Области применения потенциометрического титрования в неводных средах.
19. Сущность вольтамперометрического метода. Вольтамперная кривая. Полярографический фон и его назначение. Диффузионный ток, его определение и связь с концентрацией растворенного вещества. Потенциал полуволны, применение потенциала полуволны в качественном анализе.
20. Устройство простейшего полярографа. Ртутный капающий электрод, электрохимические процессы, протекающие на ртутном капающем электроде. Вращающиеся и вибрирующие твердые электроды. Хроноамперометрия с линейной разверткой потенциала. Инверсионная вольтамперометрия. Практическое применение вольтамперометрии.
21. Теоретические основы методов хроматографии. Принципы классификации хроматографических методов. Жидкостно-адсорбционная хроматография (ТСХ: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения). Высокоэффективная жидкостная хроматография.
22. Жидкостно-жидкостная хроматография (хроматография на бумаге: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения).

Проникающая хроматография (сущность метода, структура ячейки сефадекса, методы количественной оценки).

23. Теоретические основы газо-жидкостной хроматографии. Принцип выбора газа-носителя, жидкой фазы, твердого носителя. Неполярные и полярные жидкие фазы. Качественный анализ, зависимость времени удерживания от различных факторов.

24. Способы количественного обсчета хроматограмм. Принципиальная схема хроматографической установки. Каков принцип работы дифференциальных детекторов? В чем сущность капиллярной газо-жидкостной хроматографии? Возможности метода.

25. Теоретические основы гамма-резонансной спектроскопии. Аналитические параметры ЯГР-спектра. Приборы. Применение ЯГР.

### **Правила выставления оценки на экзамене по билетам**

Экзаменационный ответ оценивается по 4-х бальной системе, в соответствие с которой выставляются оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной учебной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

- оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на поставленные вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические работы.

## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Физико-химические методы анализа»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Физико-химические методы анализа» являются лекции. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы. В процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала.

По некоторым темам предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем практического применения его при изучении качественного и количественного состава вещества. Для успешного освоения дисциплины очень важна предварительная подготовка студентов к лабораторным занятиям. При оформлении отчетов по лабораторным работам необходимо использовать следующие методические указания, в которых приводятся описания работ, а также требования к оформлению отчетов и контрольные вопросы:

- Казин В.Н. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / В.Н. Казин, Т.Н. Орлова, И.В. Тихонов; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2011. – 72 с.

Защита отчетов по лабораторным работам является одним из неотъемлемых этапов изучения курса.

Большое внимание должно быть уделено выполнению самостоятельной работы, в том числе в форме тестов с вводом ответа в ЭУК Moodle. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задания, аналогичные разобранным на лекциях или немного более сложные. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий, которые вызвали затруднения.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала и приобретенных практических навыков в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде коллоквиумов, защиты лабораторных работ, выполнения тестовых заданий.

В конце семестра студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя три теоретических вопроса.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины самостоятельно студенту крайне сложно, поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать литературу, указанную в разделе 8 данной программы.

Для самостоятельного подбора литературы рекомендуется использовать:

1. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php). Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ: более 3000 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете.
2. <https://urait.ru>. Электронно-библиотечная система «Юрайт»: мультидисциплинарный ресурс (учебная, научная и художественная литература, периодика)
3. <http://window.edu.ru/catalog>. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам": свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.