

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.07**

Теоретические и экспериментальные методы исследований

Учебный план: 2024-2025 18.04.01 ИПХиЭ ТППиКМ ОО №2-1-96.plx

Кафедра: **54** Химических технологий им. проф. А.А. Хархарова

Направление подготовки:  
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Технология получения полимерных композиционных и  
(специализация) нанокomпозиционных материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Лаб. занятия					
2	УП	17	34	30	27	3	Экзамен
	РПД	17	34	30	27	3	
Итого	УП	17	34	30	27	3	
	РПД	17	34	30	27	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Михайловская Анна  
Павловна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой химических технологий им.  
проф. а.а. хархарова

\_\_\_\_\_

Сашина Елена Сергеевна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать у обучающихся комплекс знаний и навыков в области теоретических и экспериментальных методов в химии с целью их широкого применения при проведении научно-технологических и проектных изысканий с использованием современного приборного оборудования.

### 1.2 Задачи дисциплины:

1. Дать теоретические положения, лежащие в основе методов научных исследований анализ, синтез, роль законов диалектики, получение и обработка результатов и др.

2. Дать теоретические и экспериментальные основы спектральных и хроматографических методов

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-1: Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок</b>
<b>Знать:</b> Теоретические основы физико-химических методов исследований (УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопия, Масс-спектроскопия)
<b>Уметь:</b> пользоваться знаниями фундаментальных наук при проведении исследований, формулировать и оформлять результаты экспериментов в соответствии с требованиями нормативно-технических документов
<b>Владеть:</b> навыками подбора методов исследования, приемами формулирования и методологической оценки основных результатов научного эксперимента
<b>ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты</b>
<b>Знать:</b> теорию физико-химических методов исследования, принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа
<b>Уметь:</b> анализировать возможности современных методов исследования, исходя из специфики конкретных задач в профессиональной деятельности
<b>Владеть:</b> идеологией и системой выбора инструментальных методов химического анализа, а также оценкой возможностей каждого метода, навыками работы на современной приборной технике
<b>ОПК-4: Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты</b>
<b>Знать:</b> новейшие методы исследования качества продукции с использованием реферативных, периодических, справочно-информационных изданий в области теоретических и экспериментальных методов исследований
<b>Уметь:</b> работать с информацией в глобальных компьютерных сетях с целью поиска новых методов исследований в химической технологии
<b>Владеть:</b> навыками анализа и систематизации информации о теоретических и экспериментальных методах исследований в химии для принятия обоснованных технических решений в профессиональной деятельности

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Спектральные методы анализа	2					,К
Тема 1. Составление молекулярной формулы вещества. Элементный анализ: качественный и количественный. Открытие углерода и водорода. Обнаружение галогенов, азота и серы. Определение молекулярной массы. Лабораторная работа "Элементный анализ и определение молекулярной формулы органического вещества"		2	4	2		
Тема 2. Спектроскопия в ультрафиолетовой области. Электронные состояния молекул. Электронные переходы. Основной закон светопоглощения. Аппаратура, подготовка образцов. Характеристические полосы поглощения органических насыщенных и ненасыщенных соединений. Влияние растворителей Хромофоры и ауксохромы. Правила Вудварда-Физера. Правила расчета поглощения для карбонильных соединений, монозамещенных бензолов и ароматических карбонилсодержащих соединений. Применение УФ-спектроскопии для идентификации органических соединений. Определение концентрации красителей и веществ, поглощающих в УФ-области, методом градуировочного графика. Лабораторная работа "Определение концентрации растворов методом УФ спектрофотометрии"		2	4	2	ГД	
Тема 3. Спектроскопия в инфракрасной области. Основы инфракрасной спектроскопии. Валентные и деформационные колебания. Характеристические колебательные частоты связей в молекулах органических соединений. Техника эксперимента. Метод ИК-Фурье. Модель комбинационного рассеяния. Применение ИК-спектроскопии для идентификации органических соединений, контролирования направления химического процесса. Интерпретация ИК-спектров волокнистых материалов. Лабораторная работа "Идентификация органических соединений по ИК спектрам"		4	8	4	ГД	

<p>Тема 4. Метод ядерного магнитного резонанса. Физико-химическое обоснование метода. Расчеты протонного магнитного резонанса. Вычисление ожидаемых химических сдвигов. Спин-спиновое взаимодействие в ПМР-спектрах. Лабораторная работа "Идентификация органических соединений по УФ-, ИК- и ПМР-спектрам"</p>	4	4	4		
Раздел 2. Хроматографические методы					
<p>Тема 5. Определение молекулярной массы Методы определения молекулярной массы, основанные на вычислении молярной концентрации раствора: криоскопический, эбулиоскопический, осмотический. Диффузионный, вискозиметрический методы, основанные на вычислении среднего размера частиц в растворе. Лабораторная работа "Определение степени полимеризации полимеров вискозиметрическим методом"</p>	2	4	4		
<p>Тема 6. Масс-спектрометрия Сущность метода масс-спектрометрии. Преимущества и недостатки. Схема масс-спектрометра. Ввод пробы. Способы ионизации. Масс-спектры некоторых органических соединений. Аналитические возможности метода. Лабораторная работа "Идентификация соединений по масс-хроматограммам"</p>	1	4	4		
<p>Тема 7. Хроматографические методы разделения и анализа. Общие положения и классификация методов хроматографии. Ионообменная хроматография. Жидкостная хроматография. Лабораторная работа "Определение ионов в растворе". Иониты. Адсорбционная и элюентная ионообменная хроматография. Способы разделения компонентов смесей на хроматографических колонках. Элюент и элюат. Обменная емкость. Газовая хроматография. Метод сравнения площадей пиков. Метод расчета калибровочных коэффициентов. Метод внутреннего стандарта. Жидкостно-жидкостная хроматография. Параметры количественной характеристики равновесного процесса. Теоретические основы колоночной хроматографии. Метод теоретических тарелок. Распределительная и осадочная бумажная хроматография. Тонкослойная хроматография. Лабораторная работа "Определение качественного состава смеси".</p>	2	6	10	ГД	,Р
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	34	30		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	24,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		53,5	54,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-1	Использует современные достижения науки и методологические основы фундаментальных научных знаний; теоретические и эмпирические методы исследования; методологию подготовки отчетных работ. Применяет знания фундаментальных наук при проведении исследований и создании новых направлений в своей работе. Формулирует и представляет результаты научного исследования.	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания
ОПК-2	Применяет теорию физико-химических методов исследования и принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического исследования. Использует приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач. Выбирает инструментальные методы химического анализа и оценки их эффективности. Интерпретирует полученные результаты.	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания
ОПК-4	Оптимизирует химико-технологические процессы с учетом требований качества, надежности и стоимости. Применяет аналитические и численные методы для решения задач создания продукции с учетом требований к качеству, надежности, стоимости, а также срокам исполнения, экологической безопасности. Моделирует химико-технологические процессы. Принимает обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирает эффективные и безопасные технические средства и технологии производства.	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области, умение использовать теоретические знания для решения практических задач	
4 (хорошо)	Ответ полный и правильный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но допущены в ответах небольшие погрешности, которые устраняются только в результате собеседования	
3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом при неполных, слабо аргументированных ответах. Присутствуют неточности в ответах, пробелы в знаниях по некоторым темам, существенные ошибки, которые могут быть найдены и частично устранены в результате собеседования	

2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки
-------------------------	---

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Спектральные области и виды взаимодействия излучения с веществом
2	Тонкослойная хроматография – основы методы, используемые сорбенты
3	Восходящая, нисходящая и круговая хроматография
4	Классификация методов бумажной хроматографии
5	Экстракция в методе жидкостно-жидкостной хроматографии
6	Качественный и количественный анализ методом газовой хроматографии
7	Сущность ионообменной хроматографии
8	Различие методов адсорбционной и распределительной хроматографии
9	Классификация методов хроматографии по технике и способу проведения эксперимента
10	Сущность хроматографического разделения по методу осадочной хроматографии
11	Достоинства и недостатки адсорбционной хроматографии
12	Наиболее распространенные растворители в жидкостно-адсорбционной хроматографии
13	Спектроскопия ПМР органических соединений, содержащих активный водород (спирты, амины, карбоновые кислоты)
14	Спектроскопия протонно-магнитного резонанса производных бензола
15	Спектроскопия протонно-магнитного резонанса алкенов
16	Эффекты экранирования протонов в спектрах ПМР алканов
17	Понятие о химическом сдвиге в спектроскопии протонно-магнитного резонанса
18	Химические элементы, ядра которых можно наблюдать методом ядерно-магнитного резонанса
19	Основные уравнения ядерно-магнитного резонанса
20	Инфракрасная спектроскопия азотсодержащих соединений
21	Инфракрасная спектроскопия карбонилсодержащих соединений
22	Инфракрасная спектроскопия гидроксисоединений
23	Инфракрасная спектроскопия ароматических углеводородов
24	Инфракрасная спектроскопия этиленовых углеводородов
25	Инфракрасная спектроскопия: валентные и деформационные колебания
26	Поглощение в ультрафиолетовой области моно- и дизамещенных бензолов
27	Поглощение в ультрафиолетовой области диеновых и непредельных карбонилсодержащих соединений
28	Основные хромофоры и ауксохромы. Сдвиги и изменение интенсивности полос поглощения в УФ-спектрах
29	Основные характеристики УФ-спектра. Молярный коэффициент экстинкции и оптическая плотность
30	Спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой области: электронные переходы

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрено

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. При сжигании образца массой 4.337 мг, получили 10.35 мг CO<sub>2</sub> и 3.42 мг H<sub>2</sub>O. Найдите молекулярную формулу этого соединения, если его молекулярная масса равна 342 а.е.м.

2. Рассчитайте процентную концентрацию раствора бензилового спирта (1.0453 г/см<sup>3</sup>) в воде с пропусканием 84.5%, который находится в кварцевой кювете толщиной 10 мм. Коэффициент экстинкции при 208 нм равен 2100.

3. В ИК-спектре вещества имеются полосы поглощения при 3450, 3370, 1630 см<sup>-1</sup>. Какому из приведенных соединений CH<sub>3</sub>CON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>CONHCH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>CONH<sub>2</sub> соответствует спектр?

4. Объясните, каким протонам соответствуют в ПМР-спектре следующие сигналы диэтилового эфира янтарной кислоты: 1.25 м. д. (триплет), 2.62 м. д. (синглет), 4.15 м. д. (квадруплет).

5. Установите строение вещества состава C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Br, имеющего следующие спектральные характеристики: 1) в ПМР-спектре наблюдаются три сигнала при 2.40 м.д. (синглет), 7.20 и 7.50 м.д. (два симметричных дублета АВ-системы) с интенсивностью 3:2:2; в) в ИК-спектре расположены полосы поглощения при 3030, 2930, 2840, 1500, 810 см<sup>-1</sup> и ряд других менее интенсивных; 3) в УФ-спектре в областях 210-220 и 260-265 нм существуют две полосы поглощения. Приведите расчеты относительных химических сдвигов протонов для теоретического ПМР-спектра.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Студент имеет право пользоваться справочным материалом. Время подготовки для ответа на экзамене - 60 мин.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Хребтова, С. Б., Телешев, А. Т., Ярышев, Н. Г.	Физические методы исследования вещества. Задания для самостоятельной работы студентов. Часть 1. Спектроскопия ЯМР и ЭП	Москва: Московский педагогический государственный университет	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/70160.html">http://www.iprbookshop.ru/70160.html</a>
Вероника, Р., Петухов, И. А., Петухова, О. А., Гомбоева, С. Б., Богомолова, А. А., Бару, М. Б., Бару, М. Б.	Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография	Москва: Техносфера	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/84700.html">http://www.iprbookshop.ru/84700.html</a>
Пашкова, Е. В., Волосова, Е. В., Шипуля, А. Н., Безгина, Ю. А., Глазунова, Н. Н.	Спектральные методы анализа	Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/76055.html">http://www.iprbookshop.ru/76055.html</a>
Фарафонова, О. В., Карасева, Н. А.	Спектральные методы анализа	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/99155.html">http://www.iprbookshop.ru/99155.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				



Ярышев, Н. Г., Медведев, Ю. Н., Токарев, М. И., Бурихина, А. В., Камкин, Н. Н.	Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе	Москва: Прометей	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/58227.html">http://www.iprbookshop.ru/58227.html</a>
Старикова Т. А., Лысова С. С., Зевацкий Ю. Э., Холохонова Л. И.	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Физико- химические методы исследования. Ионообменная хроматография	СПб.: СПбГУПТД	2016	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3162">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3162</a>

#### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Библиографическая и реферативная база данных научных изданий [scopus.com](http://scopus.com)

#### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

#### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лабораторных работ используется специализированная учебная химическая лаборатория, оснащенная оборудованием, химической посудой и реактивами.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска