

Документ подписан электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 25.03.2025 16:41:22  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

24 апреля 2024 г.



Рабочая программа дисциплины

**Хроматографический метод анализа и экспертная  
ХИМИЯ**

Закреплена за кафедрой: **Неорганической и аналитической химии**

Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность (профиль): **Экспертная и медицинская химия: теория и практика.**

Квалификация: **Химик. Преподаватель химии**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **7**

Программу составил(и):  
*канд. хим. наук, доц., Минина Мария Владимировна*

Тверь, 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Подготовка специалистов, владеющих теоретическими основами и практическими приемами хроматографического метода анализа

### Задачи:

Подготовить студентов, умеющих реализовать возможности, заложенные в аппаратуру для проведения хроматографии, умеющих реализовать уже разработанные методики этого вида анализа и разрабатывать новые методики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Аналитическая химия

Неорганическая химия

Физическая химия

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	68
самостоятельная работа	45
часов на контроль	27

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР

ПК-1.2: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР

ПК-1.3: Готовит объекты исследования

ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической техно-логии)

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	7
курсовые работы	7

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

**7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Введение					
1.1	Введение	Лек	7	1	Э1	
	Раздел 2. Бумажная хроматография					
2.1	Бумажная хроматография	Лек	7	4	Л1.3 Э1	
2.2	Бумажная хроматография	Лаб	7	4	Э1	
2.3	Бумажная хроматография	Ср	7	8	Э1	
	Раздел 3. Тонкослойная хроматография					
3.1	Тонкослойная хроматография	Лек	7	11	Л1.3 Э1	
3.2	Тонкослойная хроматография	Лаб	7	8	Э1	
3.3	Тонкослойная хроматография	Ср	7	16	Э1	
	Раздел 4. Колоночная хроматография					
4.1	Колоночная хроматография	Лек	7	18	Л1.1 Л1.2 Э1	
4.2	Колоночная хроматография	Лаб	7	22	Э1	
4.3	Колоночная хроматография	Ср	7	21	Э1	
	Раздел 5. Контроль					
5.1	Контроль	Экзамен	7	27	Э1	

## Образовательные технологии

### 1. Введение:

Информационные (цифровые) технологии

Активное слушание

### 2. Бумажная хроматография :

Информационные (цифровые) технологии

Технологии развития критического мышления

Активное слушание

Дискуссионные технологии

### 3 Тонкослойная хроматография:

Информационные (цифровые) технологии

Технологии развития критического мышления

Активное слушание

Дискуссионные технологии

### 4. Колоночная хроматография:

Информационные (цифровые) технологии

Технологии развития критического мышления

Активное слушание

Дискуссионные технологии

## Список образовательных технологий

1	Информационные (цифровые) технологии
2	Технологии развития критического мышления
3	Активное слушание
4	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущей аттестации приведены в приложении

2.

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации приведены в приложении 2.

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Лабораторная работа №1

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №2

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №3

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №4

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №5

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Первая контрольная точка ..... 30 баллов

2 МОДУЛЬ

Лабораторная работа №6

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №7

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Лабораторная работа №8

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 3 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Премиальный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл

Лабораторная работа №9

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 2 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -2 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

Премиальный баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл

Вторая контрольная точка ..... 30

баллов

Экзамен – итоговое тестирование по теме ..... 40 баллов

Итого за семестр ..... 100 баллов

Примечание: если не выполнена экспериментальная часть лабораторной работы, то лабораторная работа не может быть зачтена и зачет по данной дисциплине за триместр не выставляется

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Долгонос А. М., Рудаков О. Б., Прудковский А. Г., Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-9018-9, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/183603">https://e.lanbook.com/book/183603</a>

Л1.2	Илларионова Е. А., Сыроватский И. П., Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода, Иркутск: ИГМУ, 2018, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/158753">https://e.lanbook.com/book/158753</a>
Л1.3	Пашкова Е. В., Волосова Е. В., Шипуля А. Н., Безгина Ю. А., Глазунова Н. Н., Хроматографические методы анализа, Ставрополь: СтГАУ, 2017, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/107233">https://e.lanbook.com/book/107233</a>

## 9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000. - URL: <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> (дата обращения: 09.07.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронны: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
----	---

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Foxit Reader

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	ЭБС «ЮРАИТ»
3	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
4	ЭБС IPRbooks
5	ЭБС «Лань»
6	ЭБС BOOK.ru
7	ЭБС ТвГУ
8	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
9	Репозитарий ТвГУ

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-406	комплект учебной мебели, весы, лабораторные иономеры, портативные рН-метры, потенциостат-гальваностат, сканер, шкафы, компьютеры, гиря

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания приведены в приложении 1.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Содержание дисциплины.
2. Методические материалы для работы на лабораторных занятиях.
3. Методические материалы для подготовки к экзамену.

### 1. Содержание дисциплины

Классификация методов разделения и концентрирования, их сравнительная характеристика. Хроматография как важнейший метод разделения и концентрирования.

Бумажная хроматография. Требования к применяемой бумаге и пробе вещества, способы ее нанесения. Подача подвижной фазы. Понятие  $R_f$ . Двумерная хроматография. Расшифровка хроматограмм. Качественный и количественный анализ. Области применения бумажной хроматографии. Критерий эффективности разделений; понятия ВЭТТ, разделительная способность.

Тонкослойная хроматография. Основные варианты метода. Способы приготовления и подготовки материалов для проведения тонкослойной хроматографии. Получение хроматограмм. Выбор оптимального подвижного растворителя и неподвижной фазы.

Колоночная хроматография. Хроматографическая колонка; назначение, основные требования, способы заполнения и ввода пробы.

Способы подачи подвижного растворителя и используемое для этого оборудование.

Детекторы, используемые для жидкостной хроматографии; назначение, принципы работы, устройство, основные характеристики.

Газо-жидкостная хроматография. Основные узлы газового хроматографа; их назначение; принципы работы, устройство. Твердые носители для газо-жидкостной хроматографии, влияние их параметров на эффективность процесса. Оптимизация хроматографического процесса, оценка эффективности колонки; понятия ВЭТТ и степень разделения.

Качественный анализ в газовой хроматографии. Задачи, основные характеристики хроматограмм, используемые при решении задач качественного анализа.

Количественный анализ в газовой хроматографии. Задачи количественного анализа, основные количественные закономерности хроматографии. Основные методы количественного анализа и их сравнительная характеристика.

### 2. Методические материалы для работы на лабораторных занятиях

#### Перечень лабораторных работ

Наименование темы	Наименование лабораторной работы
Бумажная хроматография	1. Освоение методов проведения бумажной хроматографии 2. Качественный анализ смеси аминокислот
Тонкослойная хроматография (ТСХ)	3. Освоение методов проведения ТСХ на незакрепленном слое. 4. Освоение методов проведения ТСХ на закрепленном слое 5. Качественный и количественный анализ смеси аминокислот методом ТСХ на закрепленном слое
Колоночная хроматография	6. Освоение правил работы на газо-жидкостном хроматографе. 7. Оптимизация температуры колонки и скорости газа носителя для газо-жидкостного анализа смеси алифатических спиртов 8. Качественный анализ смеси алифатических спиртов 9. Количественный анализ смеси алифатических спиртов

### 3. Методические материалы для подготовки к экзамену.

#### Программа итогового экзамена

Классификация методов разделения и концентрирования, их сравнительная характеристика. Хроматография как важнейший метод разделения и концентрирования.

Бумажная хроматография. Требования к применяемой бумаге и пробе вещества, способы ее нанесения. Подача подвижной фазы. Понятие  $R_f$ . Двумерная хроматография. Расшифровка хроматограмм. Качественный и количественный анализ. Области применения бумажной хроматографии. Критерий эффективности разделений; понятия ВЭТТ, разделительная способность.

Тонкослойная хроматография. Основные варианты метода. Способы приготовления и подготовки материалов для проведения тонкослойной хроматографии. Получение хроматограмм. Выбор оптимального подвижного растворителя и неподвижной фазы.

Колоночная хроматография. Хроматографическая колонка, назначение, основные требования, способы заполнения и ввода пробы.

Способы подачи подвижного растворителя и используемое для этого оборудование.

Детекторы, используемые для жидкостной хроматографии; назначение, принципы работы, устройство, основные характеристики.

Газо-жидкостная хроматография. Основные узлы газового хроматографа; их назначение; принципы работы, устройство. Твердые носители для газо-жидкостной хроматографии, влияние их параметров на эффективность процесса. Оптимизация хроматографического процесса, оценка эффективности колонки; понятия ВЭТТ и степень разделения.

Качественный анализ в газовой хроматографии. Задачи, основные характеристики хроматограмм, используемые при решении задач качественного анализа.

Количественный анализ в газовой хроматографии. Задачи количественного анализа, основные количественные закономерности хроматографии. Основные методы количественного анализа и их сравнительная характеристика.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ																													
5.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации																													
Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1																													
Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации																													
Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показате																											
ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР	<p><b>1.</b> Определить массовую долю (%) компонентов газовой смеси по следующим данным:</p> <table border="1"> <tr> <td>Компонент:</td> <td>Пропан</td> <td>Бутан</td> <td>Пентан</td> <td>Циклогексан</td> </tr> <tr> <td><math>S</math>, мм<sup>2</sup></td> <td>175</td> <td>203</td> <td>182</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>0,68</td> <td>0,68</td> <td>0,69</td> <td>0,85</td> </tr> </table> <p><math>k</math> – поправочный коэффициент Какой метод расчета применим в данном примере: а) Метод калибровочного графика б) Метод внутренней нормализации в) Метод внутреннего стандарта</p> <p><b>2.</b> Реакционную массу после нитрования толуола проанализировали методом газожидкостной хроматографии При этом к пробе добавили известное количество этилбензола. Получили следующие результаты:</p> <table border="1"> <tr> <td>Взято толуола, г</td> <td>12,7500</td> </tr> <tr> <td>Внесено этилбензола, г</td> <td>1,2530</td> </tr> <tr> <td><math>S_{\text{толуола}}</math>, мм<sup>2</sup></td> <td>307</td> </tr> <tr> <td><math>k_{\text{толуола}}</math></td> <td>1,01</td> </tr> <tr> <td><math>S_{\text{этилбензола}}</math>, мм<sup>2</sup></td> <td>352</td> </tr> <tr> <td><math>k_{\text{этилбензола}}</math></td> <td>1,02</td> </tr> </table> <p>Определить процент непрореагировавшего толуола. Какой метод расчета применим в данном задании: а) метод калибровочного графика б) метод внутренней нормализации в) метод внутреннего стандарта Обоснуйте ответ</p>	Компонент:	Пропан	Бутан	Пентан	Циклогексан	$S$ , мм <sup>2</sup>	175	203	182	35	$k$	0,68	0,68	0,69	0,85	Взято толуола, г	12,7500	Внесено этилбензола, г	1,2530	$S_{\text{толуола}}$ , мм <sup>2</sup>	307	$k_{\text{толуола}}$	1,01	$S_{\text{этилбензола}}$ , мм <sup>2</sup>	352	$k_{\text{этилбензола}}$	1,02	Имеется фактически балла – «4
Компонент:	Пропан	Бутан	Пентан	Циклогексан																									
$S$ , мм <sup>2</sup>	175	203	182	35																									
$k$	0,68	0,68	0,69	0,85																									
Взято толуола, г	12,7500																												
Внесено этилбензола, г	1,2530																												
$S_{\text{толуола}}$ , мм <sup>2</sup>	307																												
$k_{\text{толуола}}$	1,01																												
$S_{\text{этилбензола}}$ , мм <sup>2</sup>	352																												
$k_{\text{этилбензола}}$	1,02																												
ПК-1.2 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	<p><b>1.</b> При газохроматографическом определении ацетона методом абсолютной калибровки были получены следующие данные:</p> <table border="1"> <tr> <td>Количество ацетона, мг</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>Высота пика, мм</td> <td>20</td> <td>40</td> </tr> </table> <p>Для 0.02 мл анализируемого раствора был получен пик высотой 50 мм. Определить массовую долю ацетона в исследуемом растворе, если плотность раствора составляет 0.25 г/см<sup>3</sup>. Соблюдение каких условий требуется при методе абсолютной калибровки?</p> <p><b>2.</b> Пробу смеси ароматических углеводородов массой 2.0342 г, проанализировали методом газовой хроматографии. В качестве</p>	Количество ацетона, мг	0.20	0.40	Высота пика, мм	20	40	Имеется фактически балла – «4																					
Количество ацетона, мг	0.20	0.40																											
Высота пика, мм	20	40																											

	<p>внутреннего стандарта использовали 0.4168 г н-октана. Определить массовую долю ароматических углеводородов в смеси по следующим данным:</p> <table border="1" data-bbox="560 165 1339 232"> <tr> <td>Компоненты смеси</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Площадь пика, мм<sup>2</sup></td> <td>120</td> <td>234</td> </tr> </table> <p>Каким требованиям должен соответствовать внутренний стандарт?</p>	Компоненты смеси	1	2	Площадь пика, мм <sup>2</sup>	120	234								
Компоненты смеси	1	2													
Площадь пика, мм <sup>2</sup>	120	234													
<p>ПК-1.3 Готовит объекты исследования</p>	<p><b>1.</b> Для хроматографического определения никеля на бумаге, пропитанной раствором диметилглиоксима, приготовили три стандартных раствора. Для этого навеску 0,2480 NiCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O растворили в мерной колбе на 50 мл. Затем из этой колбы взяли 5,0; 10,0 и 20,0 мл и разбавили в колбах на 50 мл. Исследуемый раствор также разбавили в мерной колбе на 50 мл. Постройте калибровочный график в координатах <math>h - C_{Ni}</math> и определите содержание никеля (мг) в исследуемом растворе, если высота пиков стандартных растворов равна <math>h_1 = 25,5; h_2 = 37,5; h_3 = 61,3</math>, а высота пика исследуемого раствора равна <math>h_x = 49,0</math> мм.</p> <p><b>2.</b> Рассчитать массовую долю динитробензола и бензола в смеси по следующим данным, полученным при газохроматографическом определении:</p> <table border="1" data-bbox="560 815 1339 911"> <tr> <td></td> <td>динитробензол</td> </tr> <tr> <td>Площадь пика, мм<sup>2</sup></td> <td>305</td> </tr> <tr> <td>Поправочный коэффициент</td> <td>1.22</td> </tr> </table> <p><b>3.</b> При определении метилэтилкетона в 15.2600 г смеси методом газожидкостной хроматографии в качестве внутреннего стандарта использовали ацетон в количестве 1.0900 г. Определить массовую долю (%) метилэтилкетона по следующим опытными данным:</p> <table border="1" data-bbox="560 1247 1339 1344"> <tr> <td>Компонент</td> <td>Метилэтилкетон</td> </tr> <tr> <td>Площадь пика, мм<sup>2</sup></td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Поправочный коэффициент</td> <td>1.79</td> </tr> </table>		динитробензол	Площадь пика, мм <sup>2</sup>	305	Поправочный коэффициент	1.22	Компонент	Метилэтилкетон	Площадь пика, мм <sup>2</sup>	108	Поправочный коэффициент	1.79	<p>Правильно</p>	<p>выбран вариант</p>
	динитробензол														
Площадь пика, мм <sup>2</sup>	305														
Поправочный коэффициент	1.22														
Компонент	Метилэтилкетон														
Площадь пика, мм <sup>2</sup>	108														
Поправочный коэффициент	1.79														

**Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2**

Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкалы оценивания
<p>ПК-2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)</p> <p>ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)</p>	<p><b>1.</b> Для хроматографического определения никеля на бумаге, пропитанной раствором диметилглиоксима, приготовили три стандартных раствора. Для этого навеску 0,2480 NiCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O растворили в мерной колбе на 50 мл. Затем из этой колбы взяли 5,0; 10,0 и 20,0 мл и разбавили в колбах на 50 мл. Исследуемый раствор также разбавили в мерной колбе на 50 мл. Постройте калибровочный график в Excel в координатах <math>h - C_{Ni}</math>. найдите аппроксимирующую функцию и определите содержание никеля (мг) в исследуемом растворе, если высота пиков стандартных растворов равна <math>h_1 = 25,5; h_2 = 37,5; h_3 = 61,3</math>, а высота пика исследуемого раствора равна <math>h_x = 49,0</math> мм.</p> <p><b>2.</b></p>	<p>Имеется полное и правильное решение, включая правильный ответ – 2 балла; Дано правильное решение, но допущены несущественные фактические ошибки искажающие обобщения – 2 балла; Имеется верное решение только части задания – 1 балл. 1 балл – «3 балла – «4» 3 балла – «5»</p>

	<p>При газохроматографическом определении этанола методом абсолютной калибровки были получены следующие данные:</p> <table border="1" data-bbox="544 197 1181 264"> <tr> <td>Количество спирта, мг</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>Высота пика, мм</td> <td>18</td> <td>37</td> </tr> </table> <p>Для 0.02 мл исследуемого раствора был получен пик высотой 70 мм. Постройте калибровочный график в Excel в. найдите аппроксимирующую функцию и определите содержание этанола.</p>	Количество спирта, мг	0.20	0.40	Высота пика, мм	18	37		
Количество спирта, мг	0.20	0.40							
Высота пика, мм	18	37							
<p>ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)</p>	<p><b>1.</b> Определить длину хроматографической колонки, если время удерживания одного из компонентов равно 2 мин., а полуширина пика – 3 мм. Скорость движения диаграммной ленты – 720 мм/ч. Высота, эквивалентная теоретической тарелке, равна 3 мм. Как изменится полуширина пика, если длину колонки уменьшить в 2 раза?</p> <p><b>2.</b> Определяемое соединение элюируется из колонки, имеющей 1000 т.т.. Расстояние удерживания этого компонента на хроматограмме составляет 20 мм. Условия хроматографирования несколько изменились и расстояние удерживания увеличилось до 60 мм. Рассчитать полуширину хроматографического пика в обоих случаях. Как изменится количество Т.Т., если длину колонки уменьшить в 2 раза?</p>	<p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла; Дано верное решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла; • Имеется верное решение только части задания – 1 балл. 1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5»</p>							

## 5.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

### *Перечень тем и вопросов для экзамена*

1. Классификация методов разделения и концентрирования, их сравнительная характеристика. Хроматография как важнейший метод разделения и концентрирования.
2. Бумажная хроматография. Требования к применяемой бумаге и пробе вещества, способы ее нанесения. Подача подвижной фазы. Понятие R<sub>f</sub>. Двумерная хроматография. Расшифровка хроматограмм. Качественный и количественный анализ. Области применения бумажной хроматографии. Критерий эффективности разделений; понятия ВЭТТ, разделительная способность.
3. Тонкослойная хроматография. Основные варианты метода. Способы приготовления и подготовки материалов для проведения тонкослойной хроматографии. Получение хроматограмм. Выбор оптимального подвижного растворителя и неподвижной фазы.
4. Колоночная хроматография. Хроматографическая колонка, назначение, основные требования, способы заполнения и ввода пробы.
5. Способы подачи подвижного растворителя и используемое для этого оборудование.
6. Детекторы, используемые для жидкостной хроматографии; назначение, принципы работы, устройство, основные характеристики.
7. Газо-жидкостная хроматография. Основные узлы газового хроматографа; их назначение; принципы работы, устройство. Твердые носители для газо-жидкостной хроматографии, влияние их параметров на эффективность процесса. Оптимизация хроматографического процесса, оценка эффективности колонки; понятия ВЭТТ и степень разделения.
8. Качественный анализ в газовой хроматографии. Задачи, основные характеристики хроматограмм, используемые при решении задач качественного анализа.
9. Количественный анализ в газовой хроматографии. Задачи количественного анализа, основные закономерности хроматографии. Основные методы количественного анализа и их сравнительная характеристика.

### *Задачи для подготовки к экзамену*

Задача 23. Расстояние от момента ввода пробы до выхода несорбирующегося компонента составляет 3 мм, до выхода бензола 26 мм, до выхода толуола 48 мм. Ширина пиков бензола и толуола у

основания составляет соответственно 4 и 8 мм. Длина колонки 1,5 м. Вычислить высоту, эквивалентную теоретической тарелке.

Задача 24. Расстояние от момента ввода пробы до выхода несорбирующегося компонента составляет 2,5 мм, до выхода гексана 38 мм, до выхода гептана 62 мм. Ширина пиков гексана и гептана у основания составляет соответственно 3 и 7 мм. Длина колонки 2,5 м. Вычислить высоту, эквивалентную теоретической тарелке.

Задача 25. Время удерживания 2-метилгексана составляет 136 с. Ширина пика на половине высоты 6 мм. Найти время удерживания 3-метилгексана, если его ширина пика у основания равна 16 мм. Скорость диаграммной ленты 240 мм/ч.

Задача 26. Удерживаемый объем 3-метилфенола равен 117 мл. Ширина пика у основания составила 36 с. Найти удерживаемый объем 2-метилфенола, если его ширина пика на половине высоты 8 мм. Скорость газа-носителя 30 мл/мин, скорость диаграммной ленты 3 см/мин.

Задача № 27. При определении метана применена хроматографическая колонка с числом теоретических тарелок, равным 2000. Ширина основания хроматографического пика на диаграммной ленте составила 20 мм. Скорость диаграммной ленты хроматографа 600 мм/ч. Рассчитать время удерживания метана.

Задача 29. На хроматограмме 2-метилоктана и 2,3 – диметилгептана время удерживания соединений соответственно 37 и 34 с. Ширина пиков на половине высоты равнялась 3,2 мм для 2-метилоктана и 2,7 мм для 2,3-диметилгептана. Рассчитать степень разделения компонентов K1 если скорость диаграммной ленты 1,5 см/мин.

Задача 30. На хроматограмме изопропилбензола и 1,2,3 – триметилбензола время удерживания соединений соответственно 112 и 84 с. Ширина пиков на половине высоты равнялась 2,1 мм для изопропилбензола и 2,3 мм для 1,2,3 – триметилбензола. Рассчитать степень разделения компонентов K1 если скорость диаграммной ленты 3 см/мин.

Задача 31. На 1,5-метровой колонке с ВЭТТ = 3,4 мм предпринята попытка разделить этанол, ацетальдегид и пропанол-2. Времена удерживания компонентов смеси составляют соответственно 44, 56 и 48 с. Определить, какие из компонентов могут быть разделены на данной колонке.

Задача 32. На хроматографической колонке с 2500 теоретических тарелок были разделены уксусная, щавелевая и валериановая кислоты. Времена удерживания компонентов смеси составляют соответственно 123, 138 и 194 с. Определить, какие из компонентов могут быть разделены на данной колонке.

Задача 33. При разделения на хроматографической колонке (число теоретических тарелок N=256) объемы удерживания веществ А и В равны 5,0 и 6,2 см<sup>3</sup> соответственно. Рассчитать ширину пика каждого вещества и их степень разделения.

### **Требования к рейтинг-контролю**

#### **Лабораторная работа №1**

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

#### **Лабораторная работа №2**

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

#### **Лабораторная работа №3**

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

#### **Лабораторная работа №4**

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл

Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл

#### **Лабораторная работа №5**

Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла

Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла

Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл	
Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл	
Первая контрольная точка .....	30 баллов
<b>2 МОДУЛЬ</b>	
Лабораторная работа №6	
Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла	
Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл	
Лабораторная работа №7	
Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 3 балла	
Объяснение теоретических основ данной работы – 1 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл	
Лабораторная работа №8	
Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла	
Объяснение теоретических основ данной работы – 3 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -1 балл	
Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл	
Премияльные баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл	
Лабораторная работа №9	
Выполнение практической (экспериментальной) задачи – 4 балла	
Объяснение теоретических основ данной работы – 2 балла	
Собеседование по одному из заданий для самостоятельной работы -2 балл	
Решение задачи на тему данной лабораторной работы – 1 балл	
Премияльные баллы за качество и творческий подход при выполнении лабораторной работы – 1 балл	
Вторая контрольная точка .....	30 баллов
Экзамен – итоговое тестирование по теме .....	40 баллов
Итого за семестр	100 баллов
Примечание: если не выполнена экспериментальная часть лабораторной работы, то лабораторная работа не может быть зачтена и зачет по данной дисциплине за триместр не выставляется	

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 6.1. Рекомендуемая литература

###### Основная литература:

1. Сычев С. Н. Высокоэффективная жидкостная хроматография: аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем [Электронный ресурс] / С. Н. Сычев, В. А. Гаврилина. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 256 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211127>
2. Туркельтауб Г. Н. Жидкостная хроматография [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Н. Туркельтауб. - Москва : РТУ МИРЭА, 2020. - 80 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167575>
3. Илларионова Е. А. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский. - Иркутск : ИГМУ, 2018. - 50 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/158753>
4. Хенке Х. Жидкостная хроматография [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Хенке Х.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2009.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12724.html>

###### Дополнительная литература:

1. Серов Ю.М. Хроматографические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Серов Ю.М., Конюхов В.Ю., Крюков А.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский университет дружбы народов, 2011.— 220 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11544.html>
2. Майер В. Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография : практическое пособие / В. Р. Майер; В. Р. Майер; под общ. ред. М. Б. Бару; пер. с англ. И. А. Петухов и др.. - 5-е изд. - Москва : Техносфера, 2017. - 408 с. : ил.,табл., схем. - (Мир химии). - Библиогр. в кн. - Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496529>

<b>9. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины (или модуля)</b>			
№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			