

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

Заведующий кафедрой  
аналитической химии  
химического факультета

Елисеева Т.В.

03.04.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.07 Хроматография и капиллярный электрофорез**

1. Код и наименование направления подготовки: 04.03.01 Химия
2. Профиль подготовки: Химия
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Кафедра аналитической химии
6. Составители программы: Карпов Сергей Иванович, д.х.н., доцент
7. Рекомендована: НМС химического факультета от 27.03.2025 г., протокол № 10-03
8. Учебный год: 2028 / 2029 Семестр(ы)/Триместр(ы): 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: обучение студентов основам хроматографических и электрофоретических методов разделения, выделения и идентификации веществ.

Задачи учебной дисциплины:

- на основании полученных теоретических знаний и практического овладения хроматографическими и ионообменными методами студенты могли правильно выбирать метод, условия хроматографирования вещества в соответствии с поставленной перед ними проблемой,
- разработать схему анализа,
- практически провести его и интерпретировать полученные результаты.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: Данная дисциплина требует от студентов базовых знаний по курсам "Аналитическая химия", "Физическая химия", "Органическая химия".

В результате освоения дисциплины студенты должны владеть основными понятиями хроматографии, знаниями теоретических основ хроматографических методов анализа, их применения в химическом анализе.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: является предшествующей курсу "Синтетические и композитные материалы в химическом анализе".

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК - 1	Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК -1.1;	Обеспечивает сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>Знать:</b> теоретические основы методов хроматографии. <b>Уметь:</b> проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач, поставленных специалистом более высокой квалификации; выбирать метод, условия хроматографирования вещества в соответствии с поставленной перед ними проблемой, разработать схему анализа, практически провести его и интерпретировать полученные результаты. <b>Владеть:</b> навыками сбора, анализа и обработки научно-технической (научной) информации.
		ПК -1.2;	Составляет аналитический обзор литературных источников по заданной тематике, оформляет отчеты о выполненных научно-исследовательских работах по заданной форме.	
ПК - 3	Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой	ПК - 3.1;	Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры химических соединений.	<b>Знать:</b> современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений; основы использования хроматографического оборудования. <b>Уметь:</b> использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений; практически провести хроматографический анализ и интерпретировать полученные результаты.
		ПК - 3.2	Способен изучать реакционную способность химических соединений с применением типовых экспериментальных и расчетно-теоретических	

	квалификации		методов.	<b>Владеть:</b> владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований; владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций.
--	--------------	--	----------	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			7 семестр
Аудиторные занятия		90	90
в том числе:	лекции	36	36
	практические	0	0
	лабораторные	54	54
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации (зачет с оценкой)		0	0
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Теоретические основы хроматографии	Хроматографический метод, его сущность и решаемые задачи. История развития хроматографии. Классификация хроматографических методов. Теоретические основы хроматографии. Уравнение динамики сорбции. Уравнение движения фронта компонента во фронтальной и хроматографического компонента в элюентной хроматографии. Роль статических, кинетических и гидродинамических факторов в межфазном распределении вещества. Характеристика удерживания. Понятия “теоретическая тарелка” в хроматографии. Уравнение ВЭТТ. Основные факторы размывания хроматографических пиков. Уравнение Ван-Деемтера. Критерии разделения. Степень удерживания. Селективность колонки.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360</a>

1.2	Газовая хроматография	<p>Газовая хроматография. Характеристика метода, история развития. Газоадсорбционная и газожидкостная хроматография. Адсорбенты в газоадсорбционной хроматографии с точки зрения природы межмолекулярных взаимодействий и геометрической структуры частиц. Носители в газожидкостной хроматографии, предъявляемые к ним требования. Неподвижные жидкие фазы. Влияние природы жидкой фазы на эффективность разделения. Газовые хроматографы и их характеристика. Подвижная фаза, ее роль в анализе. Разделительные колонки: насадочные, капиллярные. Система ввода пробы. Техника ввода газообразных, жидких и твердых проб. Детекторы, их характеристики: селективность, чувствительность, шум, нижний предел детектирования и линейность отклика. Качественный анализ в газовой хроматографии. Идентификация компонентов смеси по характеристикам удерживания. Относительное удерживание и индексы удерживания. Количественный анализ в газовой хроматографии. Количественная оценка хроматограмм по высоте и площади пиков. Оценка площади пика компонента, содержащегося в следовой концентрации. Метод абсолютной калибровки, внутреннего стандарта, нормализации.</p>	<a href="https://edu.vs.u.ru/course/view.php?id=2360">https://edu.vs.u.ru/course/view.php?id=2360</a>
1.3	Жидкостная хроматография и электрофорез	<p>Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Основы теории. Сорбенты для различных видов ВЭЖХ: Сорбенты для хроматографии. Подвижные фазы для ВЭЖХ. Методики хроматографирования и оценка результатов ВЭЖХ. Специальные варианты ВЭЖХ. Примеры применения в анализе объектов окружающей среды. Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Эксклюзионная хроматография. Ионноэксклюзионная распределительная хроматография. Ионнообменная хроматография. Равновесные и неравновесные характеристики процесса ионного обмена. Ионная хроматография. Плоскостная хроматография. Тонкослойная хроматография. Лигандообменная хроматография. Аффинная хроматография. Сверхкритическая флюидная хроматография. Электрохроматография. Электрофорез. Гибридные методы анализа.</p>	<a href="https://edu.vs.u.ru/course/view.php?id=2360">https://edu.vs.u.ru/course/view.php?id=2360</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
<i>не предусмотрены учебным планом</i>			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Теоретические основы хроматографии, Газовая хроматография	<p>Нанесение неподвижной жидкой фазы на твердый носитель и заполнение колонки Определение оптимальной скорости потока газ-носителя.</p>	-
3.2	Газовая хроматография	<p>Получение изотерм сорбции спиртов методом Глюкауфа. Идентификация органических соединений по индексам удерживания Ковача Определение содержания примесей в толуоле.</p>	-

3.3	Жидкостная хроматография	Разделение и количественное определение смеси изомеров нитроанилина при использовании нормально-фазного варианта ВЭЖХ. Качественное и количественное определение примесей салициловой кислоты в ацетилсалициловой кислоте (аспирине) методом ОФ ВЭЖХ. Разделение и идентификация дикарбоновых кислот методом ТСХ в водно-органических подвижных фазах. Количественное определение содержания физиологически активных веществ.	-
-----	--------------------------	--	---

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Теоретические основы хроматографии.	16	0	9	3	28
2.	Газовая хроматография.	10	0	18	6	34
3.	Жидкостная хроматография.	10	0	27	9	46
	Итого:	36	0	54	18	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций;
- проведение лабораторных работ;
- занятия в интерактивной форме (контроль);
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывают его с использованием рекомендованной учебной литературы и учебно-методических пособий (п. 15).

Лабораторные работы проводятся с целью:

1. Проработки теоретических основ хроматографии и получения умений и навыков работы на хроматографическом оборудовании.
2. Обучения основным приемам проведения расчетов характеристик хроматографических процессов.
3. Обработки полученных результатов и выбора оптимальных условий функционирования хроматографического оборудования и реализации хроматографических процессов разделения и определения веществ.
4. Получения навыков проведения качественного и количественного анализа хроматографическими методами.

На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малых групп выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе лабораторных работ студенты закрепляют навыки обращения с химическими реактивами, полученными в предшествующих учебных курсах (общей и неорганической химии, органической химии, аналитической химии); приобретают навыки работы на лабораторном (хроматографическом) оборудовании, оборудовании, предназначенном для проведения пробоподготовки; самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты. Защита лабораторной работы включает оформление результатов, устную беседу с преподавателем о полученных данных и основных теоретических понятиях по теме работы. На этапе оформления работы студенты загружают вариант в соответствующее задание электронного курса <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360> для проверки правильности проводимых расчетов и оформления работы в соответствии с требованиями методических рекомендаций.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов (ПК-1 и ПК-3). Она включает регулярные отчеты по лабораторным работам, выполнение тестовых и иных заданий к лекциям. При подготовке к текущей аттестации студенты изучают рекомендованную преподавателем литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно

осваивают понятийный аппарат и закрепляют теоретические знания. Планирование и организация текущих аттестации знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

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

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Беккер, Ю. Хроматография: инструментальная аналитика : методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Ю. Беккер ; пер. с нем. В. С. Курова. – Москва: Техносфера, 2009. – 472 с. // «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=89008">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=89008</a>
2.	Хенке Х. Жидкостная хроматография : Электронный ресурс / Х. Хенке Москва : Техносфера, 2009. - 264 с. // Режим доступа: «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=89412">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=89412</a>
3.	Газенаур Е.Г. Методы исследования материалов : Учебное пособие [Электронный ресурс]//Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 336 с. // Режим доступа: «Университетская библиотека online» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232447">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232447</a>
4.	Снайдер, Л. Р. Введение в современную жидкостную хроматографию : справочник : [16+] / Л. Р. Снайдер, Д. Д. Киркленд, Д. У. Долан ; под общ. ред. М. Б. Бару, И. В. Важениной, С. М. Старовойрова ; пер. с англ. М. Б. Бару [и др.]. – Москва : Техносфера, 2020. – 960 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617534">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617534</a> (дата обращения: 21.05.2025). – ISBN 978-5-94836-600-5. – Текст : электронный.
5.	Bakeeva, R. Chromatographic methods of analysis = Хроматографические методы анализа : educational aid : учебное пособие : [16+] / R. Bakeeva, S. Garmonov ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2022. – 92 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=713909">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=713909</a> (дата обращения: 21.05.2025). – Библиогр.: с. 81. – ISBN 978-5-7882-3221-8. – Текст : электронный
6.	Препаративная хроматография / ред. Х. Шмидт-Трауб, М. Шульте, А. Зайдель-Моргенштерн ; под общ. ред. М. Б. Бару [и др.]. – Москва : Техносфера, 2022. – 664 с. : ил., табл. – (Мир химии). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=707797">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=707797</a> (дата обращения: 21.05.2025). – Библиогр.: с. 648-654. – ISBN 978-5-94836-642-5. – Текст : электронный.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

7.	Аналитическая химия. Проблемы и подходы : в 2 т. : пер. с англ. / под ред. Р.Кельнера [и др.] - М. : Мир : ООО «Изд-во АСТ», 2004. – Т.1. - 608 с.
8.	Аналитическая химия. Проблемы и подходы : в 2 т. : пер. с англ. / под ред. Р.Кельнера [и др.] - М. : Мир : ООО «Изд-во АСТ», 2004. – Т.2. – 728 с.
9.	Спутник хроматографиста Методы жидкостной хроматографии / О.Б. Рудаков [и др.] – Воронеж :Изд-во «Водолей», 2004. – 528 с.
10.	Практическая газовая и жидкостная хроматография : учеб. пособие / Б.В. Столяров [и др.] – СПб. : Изд-во С.-Петербурга. Ун-та, 2002. – 616 с.
11.	Аналитическая хроматография / К.И. Сакодинский [и др.] – М. : Химия, 1993. – 464 с.
12.	Количественный анализ хроматографическими методами / под ред. Э. Кец. – М. : Мир,1990. – 320 с.
13.	Ионный обмен и ионная хроматография / А.М. Долгоносоев [и др.]— М. : Наука, 1993. — 221 с.
14.	Сенченкова Е.М. М.С. Цвет – создатель хроматографии / Е.М.Сенченкова. – М. : Янус-К, 1997. – 440 с.
15.	Рачинский В. В. Введение в общую теорию динамики сорбции и хроматографии / В.В. Рачинский; АН СССР институт физической химии. — М. : Наука, 1964. — 136 с.
16.	Гиошон Ж. Количественная газовая хроматография Ж. Гиошон, К. Гийемен. – М. : Мир, 1991. – Т. 1-2.
17.	Хайвер Ж. Высокоэффективная газовая хроматография Хайвер Ж. – М. : Мир, 1993.
18.	П. Схунмакерс. Оптимизация селективности в хроматографии / П Схунмакерс. - Л. : Химия, 1989.
19.	Сенченкова Е.М. Рождение идеи и метода адсорбционной хроматографии / Е.М. Сенченкова . – М. : Мир, 1990.
20.	Гольберт К.А. Введение в газовую хроматографию / К.А. Гольберт, М.С. Вигдергауз. – М. : Химия, 1990. – 399 с.
21.	100 лет хроматографии / Рос. акад. наук, Ин-т физ. химии и др. ; отв. ред. Б. А. Руденко. – М. : Наука, 2003. — 738 с.

**в) Информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
22.	Майер В.Р., Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография [Электронный ресурс] / Майер Вероника Р. - М. : Техносфера, 2017. - 408 с. - ISBN 978-5-94836-480-3 - Режим доступа: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html</a>
23.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
24.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
25.	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
26.	<a href="http://chemnet.ru">http://chemnet.ru</a>
27.	<a href="http://chemrar.ru">http://chemrar.ru</a>
28.	Аналитическая химия в России - <a href="http://www.rusanalytchem.org/default.aspx">http://www.rusanalytchem.org/default.aspx</a>
29.	ЭУМК Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a> <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1.	Хроматография / С.И. Карпов [и др.] – Воронеж : Издательский дом Воронеж. ун-та, 2019. - 94 с.
2.	Матвеева М.В. Газовая и высокоэффективная жидкостная хроматография : практикум для студентов по специальности 011000 – «Химия» / М.В.Матвеева, С.И. Карпов, О.Ф.Стоянова. – Воронеж, 2003. – 31 с.
3.	Сорбционно-хроматографические методы разделения, выделения и определения физиологически активных веществ / В.Ф. Селеменев [и др.] – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронеж. ун-та, 2013. - 72 с.
4.	Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам / О.Микеш [и др.] – М. : Мир, 1982. – Ч.1. -400 с.
5.	Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам / О.Микеш [и др.] – М. : Мир, 1982. – Ч.2. -381 с.
6.	Практикум по хроматографическому анализу / под ред. К.М. Ольшановой. – М. Высш. школа, 1970. - 312 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и

самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения (ЭО) (п. 15).

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 451): доска магнитная меловая, мультимедиа-проектор, ноутбук, проектор, экран для проектора Win10, Office Standard 2019, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome, Mozilla Firefox
Лаборатория химического практикума (ауд. 453): химические лабораторные столы, вытяжной шкаф, Сушильный шкаф, Газовый хроматограф «Chrom-4» с детектором по теплопроводности, наборы химической посуды, реактивы.
Лаборатория химического практикума (ауд. 456): химические лабораторные столы, вытяжной шкаф, Сушильный шкаф, Газовый хроматограф «Кристалл-2000М» с ЭЗД, ПИД и ТИД, наборы химической посуды, реактивы.
Лаборатория химического практикума (ауд. 58): химический лабораторный стол, вытяжной шкаф, сушильный шкаф, Жидкостный хроматограф «Shimadzu LC-20» со спектрофотометрическим детектором, наборы химической посуды, реактивы.
Лаборатория весовая (ауд. 452): Аналитические весы
Помещение для самостоятельной работы обучающихся, компьютерный класс (ауд. 271): специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ. WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Теоретические основы хроматографии.	ПК-1 ПК- 3	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Контрольная работа Реферат</i>
2.	Газовая хроматография.	ПК-1 ПК- 3	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Контрольная работа Реферат</i>
3.	Жидкостная хроматография.	ПК-1 ПК- 3	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Контрольная работа Реферат</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				<i>Перечень вопросов</i>

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Лабораторные работы (перечень приведен в п. 13.1)*

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

Выполнение лабораторных работ с использованием методических указаний.

Пример лабораторных работ.

Лабораторная работа № 1 Нанесение неподвижной жидкой фазы на твердый носитель и заполнение колонки



## Лабораторная работа № 2. Определение оптимальной скорости потока газа-носителя.

### Примеры вопросов к лабораторным работам

#### Вопросы к работе 1.

1. Какие растворители из числа альтернативных, приводимых в справочниках, следует предпочтительно выбирать, для нанесения неподвижной фазы на твердый носитель по варианту А? Чего следует опасаться при реализации этой процедуры? Какие открываются преимущества (и ограничения) при использовании для упаривания раствора роторного испарителя?
2. В каких случаях приготовление сорбента (насадки) по вариантам Б и В предпочтительнее варианта А?
3. К чему может привести использование в этой работе для смачивания неподвижной фазой изначально неотмученного и нерассеянного твердого носителя?
4. Какие цели преследует стадия кондиционирования свежеприготовленной колонки?

#### Вопросы к работе 2.

1. Каким уравнением описывается зависимость высоты эквивалентной теоретической тарелки от линейной скорости подвижной фазы?
2. Какие факторы (тип диффузии) определяют нисходящую ветвь зависимости?
3. С использованием каких параметров (по каким формулам) можно провести расчет числа теоретических тарелок? В каких единицах необходимо представить  $t_R$  и  $W_{0.5}$  при расчете ВЭТТ?

### Контрольная работа

Письменная контрольная работа по оценке теоретических знаний по разделам дисциплины

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
<i>Продemonстрировано знание методов хроматографии, владение понятийным аппаратом хроматографии Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом хроматографии (теоретическими основами дисциплины)</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Не продемонстрировано знание методов хроматографии, отсутствие навыков владения понятийным аппаратом хроматографии. Обучающийся не владеет понятийным аппаратом хроматографии (теоретическими основами дисциплины).</i>	<i>Не зачтено</i>

### Перечень заданий для контрольных работ

#### Тема 1-3

##### Вариант 1

Задание 1 Определение хроматографии по IUPAC.

Задание 2 Определение хроматограммы.

Задание 3 Классификация хроматографических методов по способам проведения хроматографического процесса.

Задание 4 Адсорбционная хроматография.

Задание 5 Ионообменная хроматография.

Задание 6 Аффинная хроматография.

Задание 7 Адсорбционно-комплексобразовательная хроматография.

Задание 8 Характеристика вытеснительной хроматографии.

Задание 9 Типы изотерм адсорбции.

Задание 10 Характеристика изотермы II и IV типа.

##### Вариант 2.

Задание 1 Одно из определений хроматографии.

Задание 2 Классификация хроматографических методов по технике выполнения.

Задание 3 Классификация хроматографических методов по механизму сорбции.

Задание 4 Распределительная хроматография.

- Задание 5 Эксклюзионная хроматография.
- Задание 6 Осадочная хроматография.
- Задание 7 Характеристика фронтальной хроматографии.
- Задание 8 Характеристика элюентной хроматографии.
- Задание 9 Характеристика изотермы III и V типа.
- Задание 10 Параметры удерживания в хроматографии.

### **Вариант 3**

- Задание 1 Основные факторы, влияющие на величину  $N$  (кинетическая теория хроматографии).
- Задание 2 Характеристика вихревой диффузии.
- Задание 3 Расчет ВЭТТ для вклада вихревой диффузии.
- Задание 4 Расчет ВЭТТ для вклада продольной диффузии в ПФ.
- Задание 5 Определение коэффициента  $A$  в уравнении Ван-Деемтера.
- Задание 6 Определение коэффициента  $C$  в уравнении Ван-Деемтера.

### **Вариант 4.**

- Задание 1 Уравнение Ван-Деемтера.
- Задание 2 Характеристика продольной диффузии.
- Задание 3 Расчет ВЭТТ для вклада вихревой диффузии при малых размерах частиц и малых скоростях подвижной фазы.
- Задание 4 Расчет ВЭТТ для вклада продольной диффузии в ПФ.
- Задание 5 Определение коэффициента  $B$  в уравнении Ван-Деемтера.
- Задание 6 определение оптимальной скорости ПФ с использованием уравнения Ван-Деемтера.

### **Вариант 5**

- 
- Задание 1 Постановка задачи динамики сорбции.
  - Задание 2 Теорема Гаусса-Остроградского.
  - Задание 3 Уравнение динамики сорбции с учетом диффузии и конвекции.
  - Задание 4 Уравнение непрерывности с учетом линейности изотермы сорбции.
  - Задание 5 Начальные и граничные условия для варианта фронтальной хроматографии.
  - Задание 6 Выражение закона Вика.
  - Задание 7 Коэффициенты Вика при выпуклой изотерме.

### **Вариант**

6

- 
- Задание 1 Выражение закона сохранения массы.
  - Задание 2 Условие стационарного состояния системы, стока массы, источника массы.
  - Задание 3 Запись выражения эффективных коэффициентов диффузии и эффективной скорости.
  - Задание 4 Начальные и граничные условия для варианта элюентной хроматографии.
  - Задание 5 Коэффициенты Вика при линейной изотерме.
  - Задание 6 Коэффициенты Вика при вогнутой изотерме.
  - Задание 7 Асимптотическое решение уравнения динамики сорбции для варианта элюентной хроматографии.

### **Вариант 7.**

- Задание 1 Определение селективности.
- Задание 2 Расчет селективности с учетом различных физико-химических параметров.
- Задание 3 Факторы, влияющие на относительное удерживание и коэффициент распределения.
- Задание 4 Коэффициент селективности как термодинамическая величина.
- Задание 5 Факторы, обуславливающие уширение хроматографических зон.
- Задание 6 Формула расчета селективности.
- Задание 7 Эффективность и разрешение: выражение с учетом времени удерживания и ЧТТ.

Задание 8 Эффективность и разрешение: выражение с учетом коэффициента емкости и селективности.

Задание 9 Влияние селективности на величину разрешения.

#### **Вариант 8.**

Задание 1 Влияние коэффициентов емкости на величину разрешения.

Задание 2 Графическое определение оптимальных значений коэффициентов емкости.

Задание 3 Пиковая емкость.

Задание 4 Типы классификаций детекторов в ГХ.

Задание 5 Принципиальная схема ГХ.

Задание 6 Газы-носители в ГХ.

Задание 7 Системы ввода проб в ГХ.

Задание 8 Хроматографические колонки.

Задание 9 Техника ввода проб в капиллярной ГХ.

#### **Вариант 9.**

Задание 1 Система ввода пробы.

Задание 2 Техника ввода газообразных, жидких и твердых проб.

Задание 3 Подвижная фаза, ее роль в анализе.

Задание 4 Разделительные колонки: насадочные, капиллярные.

Задание 5 Детекторы, их характеристики: селективность.

Задание 6 Детекторы, их характеристики: чувствительность.

Задание 7 Детекторы, их характеристики: шум детектора.

Задание 8 Нижний предел детектирования.

Задание 9 Линейность отклика.

#### **Вариант 10.**

Задание 1 Качественный анализ в газовой хроматографии.

Задание 2 Идентификация компонентов смеси по характеристикам удерживания.

Задание 3 Относительное удерживание и индексы удерживания.

Задание 4 Количественный анализ в газовой хроматографии.

Задание 5 Количественная оценка хроматограмм по высоте и площади пиков.

Задание 6 Оценка площади пика компонента, содержащегося в следовой концентрации.

Задание 7 Метод абсолютной калибровки.

Задание 8 Метод внутреннего стандарта.

Задание 9 Метод нормализации.

#### **Описание технологии проведения**

Аттестация включает устный опрос, который может проводиться как в форме индивидуального опроса, так и фронтальной беседы. Письменные работы представлены контрольными работами и тестами. Контрольные работы позволяют проверить знания и умение студентов применять теоретические концепции на практике. Тестирование используется для быстрой оценки уровня знаний по определенным темам.

Контрольные работы и тесты могут проводиться как в электронной форме, так и на занятиях. Время выполнения этих заданий устанавливается преподавателем. Результаты текущей аттестации могут быть учтены при проведении промежуточной аттестации.

Лабораторные работы направлены на развитие практических навыков в области хроматографии, включая выполнение эксперимента по заданной методике, сбор и анализ данных, а также формирование умений безопасной работы с химическими реактивами и оборудованием.

Технология проведения текущей аттестации включает использование электронных ресурсов для организации и контроля процесса, что позволяет автоматизировать оценку и хранение результатов. Мониторинг успеваемости осуществляется через электронный журнал оценок, что позволяет преподавателям и студентам отслеживать прогресс в режиме реального времени.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (контрольные, лабораторные работы); тестирования.

Требования к выполнению заданий: студент должен выполнить перечень работ и представить отчет о выполнении с указанием умений и навыков, приобретенных в ходе работы.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
<p><i>Полное соответствие отчета содержанию, целям и задачам лабораторной работы. Продемонстрировано знание методов хроматографии, умение связывать теорию с практикой, владение понятийным аппаратом хроматографии</i></p> <p><i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом хроматографии (теоретическими основами дисциплины), способен применять теоретические знания для решения практических задач в области анализа и изучения физико-химических свойств с использованием методов хроматографии</i></p>	<i>Зачтено</i>
<p><i>Несоответствие отчета содержанию, целям и задачам лабораторной работы. Не продемонстрировано знание методов хроматографии, умение связывать теорию с практикой, владение понятийным аппаратом хроматографии</i></p> <p><i>Обучающийся не владеет понятийным аппаратом хроматографии (теоретическими основами дисциплины), не способен применять теоретические знания для решения практических задач в области анализа и изучения физико-химических свойств с использованием методов хроматографии</i></p>	<i>Не зачтено</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Реферат, Сообщение/доклад/презентация

Написание реферата и подготовка сообщения/презентации по современным методам хроматографии и капиллярного электрофореза.

#### Перечень тем рефератов

Эксклюзионная хроматография (молекулярно-ситовая или гель-проникающая хроматография).  
 Ионэкссклюзионная распределительная хроматография.  
 Ионообменная хроматография.  
 Ионная хроматография.  
 Ион-парная хроматография.  
 Плоскостная хроматография.  
 Тонкослойная хроматография.  
 Методы полуколичественной обработки хроматограмм.  
 Компьютерные программы. Видеоденситометр.  
 Лигандообменная хроматография.  
 Аффинная хроматография.  
 Сверхкритическая флюидная хроматография.  
 Электрохроматография.  
 Электрофорез.  
 Гибридные методы анализа в хроматографии.  
 жидкостная хромато-масс-спектрометрия (ЖХ-МС, LC-MS), жидкостная хроматография – инфракрасное детектирование с Фурье преобразованием (ЖХ-ФПИК, LC-FTIR).

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

## Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

КИМ содержит два вопроса и формируется из следующего списка:

№	Текст вопроса
1.	Хроматографический метод, его сущность и решаемые задачи.
2.	История открытия хроматографического метода и его развитие.
3.	Классификация хроматографических методов.
4.	Адсорбционная и распределительная хроматография.
5.	Уравнение динамики сорбции.
6.	Теория фронтальной динамики сорбции одного вещества.
7.	Элюентная динамика сорбции одного вещества.
8.	Уравнение движения фронта компонента в линейной хроматографии.
9.	Основные параметры, характеризующие движение вещества в колонке с сорбентом. Основные термины и определения.
10.	Параметры удерживания в хроматографии.
11.	Характеристика эффективности хроматографической системы (колонки)
12.	Кинетическая теория хроматографии
13.	Основные критерии оптимизации в хроматографии.
14.	Эффективность и селективность хроматографической системы.
15.	Критерии разделения и их связь с эффективностью и селективностью.
16.	Газовая хроматография. Аппаратура.
17.	Газовые хроматографы и их характеристика. Подвижная фаза, ее роль в анализе. Разделительные колонки: насадочные, капиллярные. Система ввода пробы. Техника ввода газообразных, жидких и твердых проб.
18.	Детекторы в газовой хроматографии. Характеристики детектора
19.	Ионизирующие и неионизирующие детекторы.
20.	Качественный анализ в газовой хроматографии.
21.	Методы количественного анализа в хроматографии.
22.	Количественный анализ в газовой хроматографии.
23.	Газовая адсорбционная хроматография.

### Пример билета (КИМ):

		УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой _____		_____.20__
Направление подготовки 04.03.01. Химия		
Дисциплина <u>Хроматография и капиллярный электрофорез</u>		
Курс 4		
Форма обучения <u>очная</u>		
Вид аттестации <u>промежуточная</u>		
Вид контроля <u>зачет с оценкой</u>		
<b>Контрольно-измерительный материал № 1</b>		
1. Хроматографический метод, его сущность и решаемые задачи.		
2. Количественный анализ в газовой хроматографии.		
Преподаватель _____		

### Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация студентов является основной формой контроля аудиторной работы студентов и проводится с целью установления уровня и качества подготовки студентов ФГОС 3++ и определяет:

- полноту и прочность теоретических знаний;
- сформированность умений применять теоретические знания при решении практических и профессиональных задач;
- сформированность общих и профессиональных компетенций.

Подготовка к промежуточной аттестации является формой самостоятельной работы студентов. При этом обучающийся должен использовать рекомендованный рабочей программой перечень основной и дополнительной литературы, материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы. Для подготовки к промежуточной аттестации студент также может использовать перечень вопросов, вынесенных на экзамен, позволяющий оценить уровень сформированности профессиональных компетенций по дисциплине «Хроматография и капиллярный электрофорез».

Промежуточная аттестация проводится в устной (или письменной) форме. Преподаватель, проводящий промежуточную аттестацию, имеет право задавать студентам дополнительные вопросы по всему разделу программы учебной дисциплины. Время проведения зачета устанавливается нормами времени. Результат сдачи промежуточной аттестации заносится преподавателем в зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка результатов обучения на промежуточной аттестации происходит по следующим показателям (из 20.1 и 20.2):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом методов газовой и жидкостной хроматографии и капиллярного электрофореза;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять газовую, жидкостную хроматографию и капиллярный электрофорез в анализе различных объектов;
- 5) владение способами оценки хроматографической эффективности хроматографических систем;

владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач анализа объектов с использованием газовой хроматографии.

Подготовка к промежуточной аттестации является формой самостоятельной работы студентов. При этом обучающийся должен использовать рекомендованный рабочей программой перечень основной и дополнительной литературы, материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы. Для подготовки к промежуточной аттестации студент также может использовать перечень вопросов, вынесенных на экзамен, позволяющий оценить уровень сформированности профессиональных компетенций по дисциплине «Хроматография и капиллярный электрофорез».

Промежуточная аттестация проводится в устной (или письменной) форме. Преподаватель, проводящий промежуточную аттестацию, имеет право задавать студентам дополнительные вопросы по всему разделу программы учебной дисциплины. Время проведения зачета/экзамена устанавливается нормами времени. Результат сдачи промежуточной аттестации заносится преподавателем в зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
<p><i>Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продemonстрировано знание методов газовой хроматографии, умение связывать теорию с практикой, владение понятийным аппаратом хроматографии</i></p> <p><i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом хроматографии (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области анализа и</i></p>	<i>Отлично</i>

изучения физико-химических свойств с использованием методов хроматографии	
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано знание методов газовой и жидкостной хроматографии, владение понятийным аппаратом газовой и жидкостной хроматографии, или содержатся отдельные пробелы в умении связывать теорию с практикой.</p> <p>Обучающийся владеет понятийным аппаратом газовой и жидкостной хроматографии (теоретическими основами дисциплины), допускает ошибки при иллюстрировании ответа примерами, фактами, данными научных исследований;</p> <p>или допускает ошибки при иллюстрировании возможностей применения газовой и жидкостной хроматографии в анализе различных объектов;</p> <p>или допускает ошибки при оценке хроматографической эффективности хроматографических систем.</p>	Хорошо
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания аппарата методов газовой хроматографии, или не умеет иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;</p> <p>или имеет не полное представление применения газовой и жидкостной хроматографии в анализе различных объектов, допускает существенные ошибки при оценке хроматографической эффективности хроматографических систем.</p> <p>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен оценивать хроматографической эффективности хроматографических систем;</p> <p>Обучающийся не умеет применять хроматографию в анализе различных объектов. Не умеет иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.</p>	Удовлетворительно
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки во владении понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач анализа объектов с использованием газовой хроматографии.</p>	Неудовлетворительно

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

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

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) *письменных работ (контрольные, лабораторные работы)*

Критерии оценивания приведены выше.

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

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень, может быть, конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 20.3 Задания, рекомендованные к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины:

**ПК-1:** Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

Контроль освоения ПК-1

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

#### 1) **тестовые задания (закрытый тип):**

1. Какой параметр является качественной характеристикой хроматографического удерживания?

- a. Число теоретических тарелок.
- b. Время от момента ввода пробы до максимума на хроматографическом пике.**

**(правильный ответ)**

- c. Отношение времени пребывания компонента в стационарной и подвижной фазах.

2. Какой параметр характеризует степень разделения веществ в хроматографии?

- a. Коэффициент емкости.
- b. Разрешение. (правильный ответ)**
- c. Коэффициент селективности.
- d. Число теоретических тарелок.

3. Какое уравнение описывает зависимость высоты эквивалентной теоретической тарелки от скорости подвижной фазы

- a. Уравнение Ван-Деемтера. (правильный ответ)**
- b. Уравнение Гаусса.
- c. Уравнение Ленгмюра.
- d. Уравнение Шилова.

#### 2) **Вопросы открытого типа** (тестовые, повышенный уровень сложности):



1. Какой вариант хроматографии основан на разделении веществ за счет различия в электростатическом взаимодействии ионов с ионогенными группами сорбентов. (Ответ: **Ионообменная хроматография**.)

2. Какой вариант хроматографии основан на разделении веществ за счет специфических взаимодействий некоторых биологически активных веществ (Ответ: **Аффинная хроматография**)

3. Какой вариант хроматографии основан на разделении веществ за счет различия растворимости в подвижной и неподвижной фазах (Ответ: **распределительная хроматография**).

4. Каким термином можно охарактеризовать высоту слоя, в пределах которого между неподвижной фазой (сорбентом) и подвижной фазой устанавливается равновесие сорбции-десорбции вещества (Ответ: **теоретическая тарелка**)

3) расчетные задачи (ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы):

1. Хроматографический анализ пестицида дает пик с временем удерживания 8,68 мин и шириной пика у основания 0,29 мин. Оцените  $N$  - Число Теоретических Тарелок (ЧТТ), вовлеченных в разделение. Учитывая длину колонки 2.0 м рассчитайте  $H$  - Высоту, Эквивалентную Теоретической Тарелке (ВЭТТ).  $H$  запишите в мм. ( **$N=14300$ ,  $H=0.14$  мм**).

2. Время удерживания некоторого вещества в газовой хроматографии составляет 65 с, а ширина его пика у основания – 5,5 с. Определите ВЭТТ (в мм), если длина хроматографической колонки составляет 3 м. ( **$H=1.34$  мм**)

3. Для этанола и метанола в капиллярной колонке для газовой хроматографии получили времена удерживания 370 и 385 с. Ширина пиков у основания ( $W_1=16.0$ ,  $W_2=17.0$ ). Пик неудерживаемого компонента выходит на 10.0 с. Вычислите коэффициент селективности и разрешение пиков ( **$R_s=0.91$ ,  $\alpha=1.04$** ).

**ПК-3:** Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации.

Контроль освоения ПК-3

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

**1) тестовые задания (закрытый тип):**

1. Для количественного анализа методом хроматографии по площади хроматографических пиков используют ряд методов. Какой из них дает наименьшую погрешность?

- a. **вычисление площади с учетом ширины пика на полувысоте (правильный ответ);**
- b. расчет площади с учетом ширины пика у основания;
- c. вырезание пика из бумажной хроматограммы, взвешивание и вычисление площади, исходя из массы пика и единицы площади (1 см<sup>2</sup>) бумаги.

2. Какой газ используется в качестве подвижной фазы в газовой хроматографии при работе с детектором по теплопроводности

- a. Азот;
- b. **Гелий (правильный ответ);**
- c. Аргон;
- d. Водород;

**2) Вопросы открытого типа (тестовые, повышенный уровень сложности):**

1. Перечислите основные типы классификации хроматографических методов по механизму удерживания веществ (Ответ: **1. Адсорбционная, 2) Распределительная, 3) ионообменная, 4) аффинная, 5) эксклюзионная, 6) осадочная, 7) адсорбционно-комплексобразовательная**).

2. Перечислите варианты хроматографии по способам проведения хроматографического процесса (Ответ: **Фронтальная, Вытеснительная, Элюентная**)

3. В каких случаях в хроматографии при количественном анализе удобно использовать метод внутренней нормализации? (Ответ: **1. Все вещества элюируются из колонки. 2. Чувствительность детектора одинакова для всех разделяемых веществ**). Какая формула используется для расчета количественного состава смеси?

4. Перечислите основные блоки газового хроматографа (Ответ: **1. Система подачи газа-носителя; 2. Система ввода проб. 3. Колонка. 4. Детектор. 5. Регистрирующее устройство**.)

3) **расчетные задачи** (ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы):

1. В одном и том же хроматографическом анализе низкомолекулярных аминокислот время удерживания изобутиловой кислоты составило  $t_{R(iso)} = 5,98$  мин.,  $t_{R(buty)} = 7.63$  мин. Мёртвое время  $t_m = 0.31$  мин. Рассчитайте коэффициент емкости  $k_i$  и селективность  $\alpha$  ( $k_i = 18,3$ ,  $\alpha = 1.29$ )

2. В хроматографическом анализе лимонного сока пик лимонена имеет время удерживания  $t_R = 8.36$  мин. с шириной у базовой линии  $W = 0.96$  мин.  $\gamma$ -Терпенел элюируется при  $t_R = 9.54$  мин. с шириной у базовой линии  $W = 0.64$  мин. Рассчитайте разрешение двух пиков и является ли разделение полным? ( $R_s = 1.48$ , разрешение полным не является).

4) темы эссе:

1. Какой параметр характеризует эффективность хроматографической системы (Ответ: **число теоретических тарелок**)

2. В чем состоит метод внутреннего стандарта при количественном анализе хроматографическим методом? Напишите соответствующую формулу.

(Ответ: **Формула**  $C_X = k \cdot r \cdot S_X / S_{в.ст} \cdot 100 \%$ . где  $r = m_{в.ст} / m_{пр}$ ,  $k_i = \frac{S_{в.ст.}}{C_{в.ст.}}$ .)

#### **Критерии и шкалы оценивания:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания, расчетные задачи (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;

0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Задания раздела 20.3, а также задания ЭУМК (образовательный портал «Электронный университет ВГУ» в разделе «Электронные курсы» → «Химический факультет» → «Кафедра аналитической химии» → «Б1.В.6 Хроматография и капиллярный электрофорез» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2360>) рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины