

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



подпись,

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Аналитической химии  
Елисеева Т.В.  
расшифровка подписи

26.04.2023.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В. 05 Хроматография и ионный обмен в химическом анализе и производстве

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

\_\_\_\_\_ 04.03.01 Химия \_\_\_\_\_

**2. Профиль подготовки/специализация:** \_\_\_\_\_ Прикладная химия \_\_\_\_\_

**3. Квалификация выпускника:** \_\_\_\_\_ Бакалавр \_\_\_\_\_

**4. Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** \_\_\_\_\_ аналитической химии \_\_\_\_\_

**6. Составители программы:** \_\_\_\_\_ Хохлова Оксана Николаевна, к.х.н., доцент \_\_\_\_\_

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

**7. Рекомендована:** \_\_\_\_\_ НМС химического факультета № 4 от 25.04.2023,

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** \_\_\_\_\_ 2026-2027 \_\_\_\_\_

**Семестр(ы):** \_\_\_\_\_ 7 \_\_\_\_\_

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целью освоения учебной дисциплины являются:* обучение студентов теоретическим основам и приемам практического применения в аналитической лаборатории и на производстве хроматографических и ионообменных методов разделения, выделения и идентификации веществ.

*Задачи учебной дисциплины:* состоят в том, чтобы на основании полученных теоретических знаний и практического овладения хроматографическими и ионообменными методами студенты могли:

- правильно выбирать метод,
- выбирать условия хроматографирования веществ в соответствии с поставленной перед ними проблемой,
- разработать схему анализа,
- практически провести анализ и интерпретировать полученные результаты.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** вариативная часть блока Б1. Для освоения курса необходимы знания в области физической химии, а именно сорбционных процессов и поверхностных явлений, в области аналитической химии в области отбора, предподготовки проб и хроматографии. Дисциплина предшествует выполнению выпускной квалификационной работе бакалавра.

**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.	<b>Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции</b>	ПК -1.1	Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	<b>Знать:</b> теоретические основы хроматографии и ионного обмена <b>Уметь:</b> практически выполнять разделение, концентрирование и анализ веществ на различных стадиях химического производства с использованием хроматографических и ионообменных методов. <b>Владеть:</b> навыками проведения, обработки и интерпретации результатов анализа.
		ПК -1.2	Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме	<b>Знать:</b> правила ведения лабораторного журнала, протокола испытаний, составления паспорта продукции и отчетов о выполнении работы. <b>Уметь:</b> на основании теоретических знаний и практического выполнения анализа веществ делать выводы о составе и качестве сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.

				<b>Владеть:</b> навыками составления отчетной документации.
--	--	--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.

**Форма промежуточной аттестации** (зачет/экзамен) Зачет с оценкой

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 7
Аудиторные занятия		108	108
в том числе:	лекции	36	36
	практические		
	лабораторные	72	72
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен - ___ час.)		-	-
Итого:		144	144

#### 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	Классификация и теоретические основы хроматографических методов анализа	-
1.2		Колоночная хроматография	-
1.3		Планарная хроматография	-
1.4		Качественный и количественный хроматографический анализ	-
1.5	Практическое применение хроматографии на производстве	Анализ газовых средств на производстве	-
1.6		Анализ жидких сред (электролитов) на производстве	-
1.7		Анализ жидких сред (неэлектролитов) на производстве	-
1.8		Экспресс (тест) анализ	-
1.9		Сорбционное концентрирование веществ	-
1.10	Теоретические основы ионного обмена	Равновесие ионного обмена	-
1.11		Кинетика ионного обмена	-
1.12		Динамика ионного обмена	-
1.13		Регенерация ионообменников	
1.14	Практическое применение ионного обмена на производстве	Ионный обмен в производстве неорганических веществ	-
1.15		Ионный обмен в производстве органических и физиологически активных веществ	-
1.16		Катализ с помощью ионообменников	-
1.17		Очистка воды с помощью ионного обмена	-
1.18		Ионообменное концентрирование микроколичеств веществ из сточных вод	-

2. Лабораторные занятия			
2.1	Теоретические основы хроматографии	Определение числа теоретических тарелок при разделении спиртов с помощью газовой хроматографии	-
2.2		Определение числа теоретических тарелок при использовании метода ТСХ	-
2.3		Определение степени концентрирования при использовании предпатронов в анализе разбавленных сред	-
2.4	Практическое применение хроматографии на производстве	Разделение и анализ (качественный и количественный) аминокислот в белковом гидролизате	-
2.5			-
2.6		Определение пестицидов методом ГЖХ	-
2.7			-
2.8		Освоение правил ведения лабораторного журнала, протокола испытаний, составления паспорта продукции и отчетов о выполнении работы.	-
2.9			-
2.10	Теоретические основы ионного обмена	Определение обменной емкости ионообменника	-
2.11		Определение влажности ионообменника	-
2.12			-
2.13		Определение коэффициента разделения катионов натрия и кальция	-
2.14	Практическое применение ионного обмена на производстве	Катализ ионообменниками	-
2.15		Инверсия солей в кислоты	-
2.16		Регенерация ионообменников	-
2.17		Освоение правил паспортизации товарной продукции	-
2.18			-

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Теоретические основы хроматографии	8	-	12	8	28
2	Теоретические основы ионного обмена	8	-	16	8	32
3	Практическое применение хроматографии на производстве	10	-	24	10	44
4	Практическое применение ионного обмена на производстве	10	-	20	10	40
	Итого:	36	-	72	36	144

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

Для успешного освоения дисциплины необходимо систематическое изучение конспектов лекций, презентаций и рекомендованной литературы.

Перед изучением теоретических основ ионного обмена необходимо повторить материал из курса физической химии – стандартное состояние и стандартные термодинамические функции. Перед реализацией на практике хроматографического метода анализа необходимо повторить раздел курса аналитической химии - способы отбора проб. Ионный обмен в практической части требует владения широким спектром физико-химических методов для анализа состава равновесных фаз.

Для самостоятельного изучения отводятся темы, хорошо разработанные в учебных пособиях, научных монографиях и не могут представлять особенных трудностей при изучении. В ходе самостоятельной работы рассматриваются определенные области химического производства, место ионного обмена или хроматографии в технологическом цикле или анализе, физико-химические основы процессов, лежащих в основе процесса, аналитические характеристики процесса, особенности проведения, ожидаемые и

реальные результаты анализа. Итогом самостоятельной работы является подготовка и написание рефератов на заданные темы.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Хохлова О.Н. Регенерация ионообменников : учебное пособие / О. Н. Хохлова, В. Ю. Хохлов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020 .— 80 с.
2	Лейкин, Ю. А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов : учебное пособие / Лейкин Ю. А. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 416 с. - ISBN 978-5-00101-862-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018629.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018629.html</a>
3	Хроматография [Электронный ресурс] : [студ. хим. фак. 4 к. очной формы обучения для направления 04.03.01 - Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: С.И. Карпов и др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— Загл. с титула экрана .— Свободный доступ из интранета ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-113.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-113.pdf</a> >.
4	Майер, В. Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография / Майер Вероника Р. - Москва : Техносфера, 2017. - 408 с. - ISBN 978-5-94836-480-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Колоночная аналитическая хроматография как объект математического моделирования : монография // А.М. Долгоносков, О.Б. Рудаков, И.С. Суровцев, А.Г. Прудковский ; ГЕОХИ РАН – Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2014. – 400 с.
6	Кинетика ионного обмена / Д.Л. Котова, Т.А. Крысанова, В.А. Крысанов – Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2012 – 75 с.
7	Гельферих Ф. Иониты : Основы ионного обмена / Ф. Гельферих. – М. : ИЛ, 1962. – 490 с.
8	Кокотов Ю.А., Золотарев П.П., Елькин Г.Э. Теоретические основы ионного обмена. – Л.: Химия, 1986. – 281 с.
9	Солдатов В.С., Бычкова В.А. Ионообменные равновесия в многокомпонентных системах. – Минск: Наука и техника, 1988. – 360 с.
10	Нифталиев, С. И. Теория и практика очистки неорганических веществ : учебное пособие / С. И. Нифталиев, С. Е. Плотникова, А. В. Астапов - Воронеж : ВГУИТ, 2014. - 63 с. - ISBN 978-5-00032-058-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000320587.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000320587.html</a>
11	Копылов, А. С. Водоподготовка в энергетике : учебное пособие для вузов / Копылов А. С. , Лавыгин В. М. , Очков В. Ф. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01115-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011157.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011157.html</a>
12	Слитиков, П. В. Применение методов хроматографии в аналитической химии : Метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Аналитическая химия" / П. В. Слитиков, Ж. Н. Каблучая, В. Н. Горячева, И. В. Татьяна. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 40 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0328.html">https://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0328.html</a>

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

№ п/п	Ресурс
-------	--------

13	ЗНБ ВГУ, lib.vsu.ru
14	ЭБС «Консультант студента», <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
14	ГОСТ Р 57443-2017 Идентификация химической продукции. Общие положения / <a href="https://allgosts.ru/71/100/gost_r_57443-2017">https://allgosts.ru/71/100/gost_r_57443-2017</a>
15	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
16	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>

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

№ п/п	Источник
17.	Практикум по ионному обмену. Учебно-методическое пособие для студентов химического факультета / В.Ф. Селеменев, Г.В. Славинская, В.Ю. Хохлов.- Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 180 с.

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

Для достижения цели освоения учебной дисциплины, повышения качества образования и формирования компетенций используются аудиторные и внеаудиторные/интерактивные формы обучения.

Лекции включают в себя последовательное изложение материала преподавателем в том числе с использованием мультимедийного оборудования для демонстрации схем, рисунков, фотографий и др.

Лабораторные работы позволяют объединить теоретические знания с практическими умениями и навыками студентов в едином процессе учебно-исследовательского характера.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты вырабатывают умения планирования эксперимента, выполнения анализа, умения делать выводы и обобщения. Формируются практические профессиональные навыки составления отчета о выполненной работе по заданной форме.

К внеаудиторной работе студентов относится работа в глобальной сети (использование Интернет-технологий), поиск научной и методической информации, написание реферата.

Для самостоятельного изучения выделены по одному разделу в хроматографических и ионообменных методах, которые впоследствии излагаются студентами группы в виде докладов и используются в качестве дополнительных вопросов при проведении текущей и промежуточной аттестации. Для самостоятельной работы необходимо использование основной и дополнительной литературы и интернет-ресурсов.

При реализации учебной дисциплины используются также 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:**

Мультимедиа проектор BENQ, ноутбук 15 Toshiba, экран

Газовый хроматограф «Хром»-4  
 Аналитические весы OHAUS PA64C  
 Фотоколориметр КФК-2  
 Спектрофотометр СФ-26

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

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

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-1.1 ПК-1.2	Отчет по работам Тест 1
2.	Теоретические основы ионного обмена	ПК- 1	ПК-1.1 ПК-1.2	Отчет по работам Тест 2
3.	Практическое применение хроматографии на производстве		ПК-1.1 ПК-1.2	Отчет по работам Доклад
4.	Практическое применение ионного обмена на производстве		ПК-1.1 ПК-1.2	Отчет по работам Доклад
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 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:

20.1.1

- Тестовые задания
- Лабораторные работы
- Сообщение/доклад/презентация

#### Перечень заданий

Тест 1.

1. Какой принцип находится в различии колоночной и тонкослойной хроматографии?
  - 1) механизм элементарного акта;
  - 2) природа контактирующих фаз;
  - 3) используемая техника.
  
2. Каков механизм элементарного акта в методе распределительной хроматографии?
  - 1) сорбция вещества в неподвижной фазе;
  - 2) обмен ионов;
  - 3) распределение вещества между двумя жидкими фазами.
  
3. Укажите физический смысл коэффициента удерживания в методе хроматографии.

- 1) время пребывания компонента А в подвижной фазе ( $t_m$ );
  - 2) время пребывания компонента А в неподвижной фазе ( $t_s$ );
  - 3) скорость прохождения растворенного вещества А через колонку ( $V_A$ );
  - 4) скорость прохождения элюента через колонку ( $V_n$ );
  - 5) доля времени пребывания растворенного вещества А в подвижной фазе.
4. Какой величиной лучше оценивать эффективность хроматографической колонки?
- 1) числом теоретических тарелок ( $N$ );
  - 2) временем удерживания ( $t_R$ );
  - 3) удерживаемым объемом ( $V_R$ );
  - 4) высотой, эквивалентной теоретической тарелке ( $H$ );
  - 5) коэффициентом разделения.
5. От каких факторов зависит ВЭТТ:
- 1) скорости подвижной фазы;
  - 2) диаметра частиц сорбента;
  - 3) однородности частиц сорбента;
  - 4) природы разделяемых веществ;
  - 5) равномерности заполнения колонки;
  - 6) все указанные факторы верны.
6. От каких факторов зависит эффективность разделения по концепции теоретических тарелок:
- 1) эффективность колонки прямо пропорциональна ВЭТТ;
  - 2) эффективность колонки возрастает с увеличением числа теоретических тарелок;
  - 3) эффективность колонки не зависит от скорости потока.
7. Каким образом можно повысить эффективность хроматографической колонки независимо от вида хроматографии?
- 1) уменьшить размер частиц сорбента;
  - 2) повысить температуру колонки;
  - 3) выбрать селективную неподвижную фазу.
8. При каких значениях ВЭТТ достигается высокая эффективность хроматографической колонки?
- 1) при малых;
  - 2) при больших;
  - 3) в обоих случаях.
9. Какой параметр служит мерой степени разделения соседних пиков на хроматограмме?
- 1) фактор разделения  $\alpha$ ;
  - 2) отношение времен удерживания;
  - 3) разрешение  $R_s$ ;
  - 4) отношение удерживаемых объемов.
10. Какое из перечисленных ниже допущений является общим для концепции теоретических тарелок и кинетической теории?
- 1) диффузия и распределение растворенного вещества происходит мгновенно;
  - 2) размывание зоны происходит вследствие продольной диффузии;
  - 3) линейность изотермы распределения ( $D=\text{const}$ );
  - 4) размывание зоны происходит вследствие неравномерности потока.
11. Какой фактор не влияет на величину  $R_f$ ?
- 1) природа носителя;
  - 2) состав подвижной фазы;
  - 3) температура;
  - 4) концентрация определяемого катиона.



12. Для определения площадей хроматографических пиков используют ряд методов. Какой из них дает наименьшую погрешность?
- 1) вычисляют площадь треугольника, за который принимают пик;
  - 2) пик вырезают, взвешивают и вычисляют площадь, исходя из массы пика и  $1 \text{ см}^2$  бумаги;
  - 3) измеряют планиметром;
  - 4) измеряют с помощью интегратора.
13. В газовой хроматографии к анализируемому веществу предъявляется ряд требований. Какое из перечисленных ниже свойств вещества в них не включено:
- 1) молекулярная масса меньше 400;
  - 2) летучесть;
  - 3) невысокая полярность;
  - 4) термостабильность;
  - 5) инертность.
14. Какой из узлов газового хроматографа является ответственным за эффективность разделения анализируемой смеси компонентов?
- 1) колонка;
  - 2) колонка, детектор;
  - 3) испаритель, колонка;
  - 4) детектор;
  - 5) испаритель, колонка, детектор.
15. Какой сигнал измеряется с помощью пламенно-ионизационного детектора?
- 1) уменьшение ионного тока в газовой фазе;
  - 2) увеличение ионного тока в газовой фазе;
  - 3) изменение теплопроводности газовой фазы.
16. Что является источником ионизации при использовании пламенно-ионизационного детектора?
- 1) электрический ток;
  - 2) воздушно-водородное пламя;
  - 3) радиоактивное излучение.
17. Чем определяется более высокая эффективность разделения в высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по сравнению с газовой с насадочными колонками?
- 1) лучшими сорбционными характеристиками применяемых стационарных фаз;
  - 2) заметно меньшим размером частиц сорбента;
  - 3) более высоким качеством заполнения колонок;
  - 4) большей вязкостью подвижной фазы.
18. Какой из перечисленных детекторов в жидкостной хроматографии чаще всего используется, так как является универсальным и чувствительным?
- 1) рефрактометрический;
  - 2) кондуктометрический;
  - 3) спектрофотометрический в УФ- и видимой области;
  - 4) флуоресцентный;
  - 5) амперометрический.
19. Чем определяется необходимость использования подавляющей колонки в двухколоночной ионной хроматографии?
- 1) необходимостью разделения анионов и катионов, содержащихся в пробе;
  - 2) необходимостью подавления электропроводности элюента путем перевода компонентов элюента в малодиссоциирующие соединения (покажите на примере);
  - 3) необходимостью отделения основы анализируемого образца;
  - 4) повышением эффективности разделения.
20. Обращенно-фазовая ВЭЖХ – это вариант ВЭЖХ, когда:
- 1) неполярная стационарная фаза – полярная подвижная фаза;
  - 2) неполярная стационарная фаза – неполярная подвижная фаза;
  - 3) полярная стационарная фаза – полярная подвижная фаза;
  - 4) полярная стационарная фаза – неполярная подвижная фаза.

Тест 2.

<p>1. При каком механизме кинетики ионного обмена зависимость <math>\ln(1-F)=f(t)</math> имеет линейный характер?</p> <p>А) внутريدиффузионном  Б) внешнедиффузионном  В) смешаннодиффузионном</p>	<p>2. Динамические условия наиболее предпочтительны из-за</p> <p>А) увеличения рабочей емкости ионообменника  Б) удобства технического оформления  В) смещения равновесия вправо за счет выведения продуктов реакции из зоны обмена  Г) все ответы верны  Д) все ответы не верны</p>
<p>3. Линейная зависимость <math>F=f(\sqrt{t})</math> характерна для начального участка при следующем механизме кинетики ионного обмена</p> <p>А) внутريدиффузионном  Б) внешнедиффузионном  В) смешаннодиффузионном</p>	<p>4. Организация процесса сорбции-десорбции в противоточном режиме</p> <p>А) наиболее эффективна  Б) менее эффективна  В) не имеет значения</p>
<p>5. Метод «ограниченного объема» исследования кинетики предусматривает</p> <p>А) малое соотношение количества вещества в растворе к количеству функциональных групп в навеске ионообменника  Б) большое соотношение количества вещества в растворе к количеству функциональных групп в навеске ионообменника  В) соотношение не имеет значения</p>	<p>6. Регенерация ионообменника необходима для</p> <p>А) восстановления обменной емкости  Б) восстановления ионной формы  В) восстановления условий сорбции-десорбции</p>
<p>7. Изменение хода кинетической кривой после прерывания контакта ионообменника и раствора свидетельствует о следующем механизме кинетики</p> <p>А) внутريدиффузионном  Б) внешнедиффузионном  В) смешаннодиффузионном</p>	<p>8. Сильнокислотный катионообменник после десорбции может быть регенерирован</p> <p>А) солями  Б) кислотами  В) водяным паром  Г) щелочами  Д) ацетоном</p>
<p>9. Какой стадией лимитируется ионный обмен, если скорость зависит от процента сшивки ионообменника, концентрации раствора и не зависит от скорости подачи раствора?</p> <p>А) внутренней диффузией  Б) внешней диффузией  В) смешанной диффузией</p>	<p>10. «Смешанный» слой катионо- и анионообменника используют для</p> <p>А) для использования только одной колонки  Б) для облегчения регенерации  В) для доочистки воды  Г) для нейтрализации катионов анионами</p>
<p>11. Какой стадией лимитируется ионный обмен, если скорость не зависит от процента сшивки ионообменника, концентрации раствора и зависит от скорости подачи раствора?</p> <p>А) внутренней диффузией  Б) внешней диффузией  В) смешанной диффузией</p>	<p>12. Для расчета выходных кривых необходимо использовать</p> <p>А) уравнение материального баланса и равновесные характеристики  Б) уравнение материального баланса и кинетические характеристики  В) постоянство обменной емкости  Г) все ответы верны  Д) все ответы не верны</p>
<p>13. Коэффициент <math>V_i</math> показывает соотношение вкладов</p> <p>А) внутренней и внешней диффузии  Б) внешней и внутренней диффузии</p>	<p>14. основным недостатком ионообменников является</p> <p>А) длительность процесса  Б) сложность аппаратного оформления  В) проблемы утилизации регенерационных растворов  Д) ограниченность применения только для водоподготовки</p>

### Перечень тем для докладов.

1. Природные ионообменники. Строение, физико-химические свойства, применение.
2. Редокситы. Строение, физико-химические свойства, применение.
3. Комплекситы. Строение, физико-химические свойства, применение.
4. Полиамфолиты. Строение, физико-химические свойства, применение.
5. Р-содержащие ионообменники. Строение, физико-химические свойства, применение.

6. Композитные сорбционные материалы. Строение, физико-химические свойства, применение.
7. Специфически организованные сорбенты. Строение, физико-химические свойства, применение.
8. Ионообменные мембраны. Строение, физико-химические свойства, применение.
9. Разделение, концентрирование и очистка физиологически активных веществ с использованием ионообменных материалов.
10. Использование сорбционных методов в охране окружающей среды.
11. Безреагентные способы разделения веществ на ионообменниках.
12. Бытовые системы очистки воды.
13. Неионогенные сорбенты. Строение, физико-химические свойства, применение.
14. Современные области применения ионного обмена.
15. Ионоэкслюзионная хроматография.
16. Осадочная хроматография.
17. Лигандообменная хроматография.
18. Сверхкритическая флюидная хроматография.
19. Аффинная хроматография.
20. Гибридные методы анализа.

### **Описание технологии проведения**

Тесты выполняются письменно. К каждому вопросу из перечня ответов необходимо выбрать правильный.

Доклад по выбранной теме излагается устно с привлечением мультимедийной техники для презентации материала.

### **Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)**

Выполненным (ставится зачет) считается тест, где из общего перечня вопросов правильные ответы имеют более 50% заданий.

Доклад считается сделанным успешно (ставится зачет), если в нем отражается актуальность вопроса, физико-химические основы и практическое применение освещаемого способа разделения или анализа веществ, а также студент отвечает на дополнительные вопросы.

#### **20.1.2 Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания:

1. Какой параметр является качественной характеристикой хроматографического удерживания?

а. Число теоретических тарелок.

**б. Время от момента ввода пробы до максимума на хроматографическом пике.**

с. Отношение времени пребывания компонента в стационарной и подвижной фазах.

2. Какой параметр характеризует степень разделения веществ в хроматографии?

а. Коэффициент емкости.

**б. Разрешение.**

с. Коэффициент селективности

д. Число теоретических тарелок.

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

**а. Уравнение Ван-Деемтера;**

б. Уравнение Гаусса;

с. Уравнение Ленгмюра;

д. Уравнение Шилова.

2) расчетные задачи:

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. Учтя 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 не удерживаемого компонента выходит на 10.0 с. Вычислите коэффициент селективности и разрешение пиков ( $R_s=0.91$ ,  $\alpha=1.04$ ).

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

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

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

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

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

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- **Собеседование по билетам к зачету (с оценкой).**

### Перечень вопросов к зачету

1.	Классификация и строение синтетических ионообменных материалов.
2	Основные физико-химические характеристики ионообменников (емкость, влажность, набухаемость и др.)
3	Система ионообменник - раствор. Модельные представления
4	Сорбция воды ионитами, набухание ионообменных материалов.
5	Основные закономерности необменного поглощения веществ ионитами.
6	Ионообменное равновесие. Факторы, влияющие на ионообменные равновесия.
7	Термодинамические характеристики ионообменного равновесия: константа равновесия, коэффициенты равновесия и селективности.
8	Коэффициенты активности ионов в ионообменнике. Подходы к их расчету. Стандартные и отсчетные состояния.
9	Равновесия в многокомпонентных системах. Принципы расчета.
10	Кинетические модели ионного обмена. Сравнительный анализ.
11	Коэффициенты диффузии ионов в ионитах. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.
12	Внешнедиффузионная кинетика ионного обмена. Основные положения и уравнения.
13	Кинетика во внутридиффузионной области. Основные положения и уравнения.
14	Смешаннодиффузионная кинетика ионного обмена.
15	Кинетика сорбции, контролируемая химической реакцией
16	Кинетика набухания ионитов.
17	Основы динамики ионообменной сорбции. Уравнение баланса сорбируемого компонента.

18	Основные модели динамики сорбции. Их характеристики и сравнение.
19	Влияние вида изотермы сорбции на моделирование фронта сорбции.
20	Факторы, влияющие на форму фронта сорбции. Размытие фронта сорбции.
21	Сверхэквивалентная сорбция и изотермическое пересыщение при ионном обмене.
22	Регенерация ионообменников
23	Разделений неорганических ионов.
24	Особенности сорбции и разделения органических веществ.
25	Хроматографический метод, его сущность и решаемые задачи. Классификация хроматографических методов.
26	Параметры удерживания в хроматографии.
27	Характеристика эффективности хроматографической системы (колонки)
28	Кинетическая теория хроматографии
29	Основные критерии оптимизации в хроматографии.
30	Эффективность и селективность хроматографической системы.
31	Критерии разделения и их связь с эффективностью и селективностью.
32	Газовая хроматография. Аппаратура.
33	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.
34	Детекторы в газовой хроматографии. Характеристики детектора
35	Качественный анализ в газовой хроматографии.
36	Методы количественного анализа в хроматографии.
37	Количественный анализ в газовой хроматографии.
38	Газовая адсорбционная хроматография.
39	Высокоэффективная жидкостная хроматография.
40	НФ и ОФ высокоэффективная жидкостная хроматография
41	Жидкостная хроматография. Характеристика сорбентов и элюентов. Роль селективности и эффективности в ЖХ.
42	Планарная хроматография. Тонкослойная хроматография.
43	Ионообменная, ионная и Ион-парная хроматография
44	Применение хроматографии в анализе газовых сред в промышленности.
45	Применение хроматографии в анализе жидких сред (электролитов и неэлектролитов) в промышленности.

**КИМ формируются** таким образом, чтобы они содержали два вопроса - один из раздела «хроматография», второй – из раздела «ионный обмен», при этом один вопрос из теоретической, второй – из практической части.

### Пример КИМ

УТВЕРЖДАЮ	
Заведующий кафедрой аналитической химии	
_____ Елисеева Т.В.	
<i>подпись, расшифровка подписи</i>	
__ . __ . 20__	
Направление подготовки / специальность <u>040301Химия</u> _____	
<i>шифр, наименование</i>	
Дисциплина <u>Б1.В. 05 Хроматография и ионный обмен в химическом анализе и производстве</u>	
Курс _____	
Форма обучения _____ <u>очная</u> _____	
<i>очное, очно-заочное, заочное</i>	
Вид аттестации _____ <u>промежуточная</u> _____	
<i>текущая, промежуточная</i>	
Вид контроля _____ <u>дифференцированный зачет</u> _____	
<i>экзамен, зачет</i>	
<b>Контрольно-измерительный материал № _____</b>	

1. Термодинамические характеристики ионообменного равновесия: константа равновесия, коэффициенты равновесия и селективности.
2. Детекторы в газовой хроматографии. Характеристики детектора.

### **Описание технологии проведения**

Зачет (с оценкой) проводится в письменной форме. Студент обязан максимально подробно и с примерами изложить суть каждого вопроса. Преподаватель имеет право на уточняющие и дополнительные вопросы в пределах теоретической части и проделанных лабораторных работ данной дисциплины.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

- «Отлично» - ставится студенту, полностью овладевшему теоретическими основами хроматографических и ионообменных методов разделения, показавшему глубокие знания и владение методологией выбора метода и методики определения, знакомому с принципиальными схемами, аппаратурой для хроматографии и ионного обмена в промышленности, давшему полный ответ на вопросы билета и дополнительные вопросы экзаменатора.
- «Хорошо» - ставится студенту, освоившему материалы курса, знающему основы методов анализа и области их применения, давшему, однако, давшему неполный ответ на вопросы билета или допустившему некоторые ошибки или неточности
- «Удовлетворительно» - ставится студенту, знающему основные методы хроматографии и ионного обмена и их теоретические основы, но не владеющему стройной системой информации по курсу, не умеющему применять знания для выбора подходящего метода и не давшему полного, обстоятельного ответа на вопросы билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора
- «Неудовлетворительно» - ставится студенту, не имеющему базовых знаний по курсу и не давшему ответ на вопросы билета

*Задания раздела 20.1.2 могут быть использованы при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины*