

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

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

20.04.2022.

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 № 3 от 19.04.2022,

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: _____ 2025-2026 _____

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

				Владеть: 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 *
1. Лекции			-
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 : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018629.html
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 интрасети ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-113.pdf >.
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 : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364803.html

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 : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000320587.html
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 : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011157.html
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 : https://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0328.html

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

№ п/п	Ресурс
-------	--------

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

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 α ;
 - 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 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 $\ln(1-F)=f(t)$ имеет линейный характер?</p> <p>А) внутридиффузионном 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 $F=f(\sqrt{t})$ характерна для начального участка при следующем механизме кинетики ионного обмена</p> <p>А) внутридиффузионном 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) внутридиффузионном 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 B_i 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?

a. Число теоретических тарелок.

b. Время от момента ввода пробы до максимума на хроматографическом пике.

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

2. Какой параметр характеризует степень разделения веществ в хроматографии?

a. Коэффициент емкости.

b. Разрешение.

c. Коэффициент селективности

d. Число теоретических тарелок.

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

a. Уравнение Ван-Деемтера;

b. Уравнение Гаусса;

c. Уравнение Ленгмюра;

d. 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. Учítывая 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 неударживаемого 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 _____ промежуточная _____	
<i>текущая, промежуточная</i>	
Вид контроля _____ дифференцированный зачет _____	
<i>экзамен, зачет</i>	
Контрольно-измерительный материал № _____	

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