

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Аналитической химии

Елисеева Т.В



14.04.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.01.01 Современные методы разделения и концентрирования веществ

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

04.06.01 химические науки

2. Профиль подготовки/специализации: 02.00.02 аналитическая химия

3. Квалификация (степень) выпускника: исследователь, преподаватель-исследователь

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Аналитической химии

6. Составители программы: Хохлов Владимир Юрьевич д.х.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС химического факультета № 3 от 19.03.2020  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: 2022 / 2023

Семестр: 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель преподавания дисциплины - обучение теоретическим основам современных методов разделения и концентрирования веществ.

Задачи учебной дисциплины:

- с использованием полученных теоретических знаний и практических умений уметь правильно выбирать методы исследования для биологических объектов,
- разработать схему разделения и интерпретировать полученные результаты с привлечением методов обработки результатов эксперимента.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Вариативная часть. Обязательные дисциплины выбору.

Аспирант для изучения курса должен владеть основными представлениями неорганической, органической, аналитической, физической химии, физики.

В результате освоения дисциплины студенты должны овладеть углубленными представлениями методов разделения и концентрирования и методологией их использования, правилами работы с аналитическим оборудованием.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<u>Знать</u> физико-химические основы и аппаратное оформление физико-химических методов разделения и концентрирования, их программное и аппаратное обеспечение <u>Уметь</u> обоснованно выбирать наиболее оптимальных метод разделения для решения конкретной задачи и осуществить его на практике с использованием средств ИКТ <u>Владеть</u> совокупностью принципов и правил, позволяющих обоснованно выбрать метод разделения и/или концентрирования в совокупности с информационным обеспечением
ПК-5	владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владением навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических	<u>Знать</u> области применения и возможности методов для их применения в смежных отраслях науки (физике, биологии, геологии) <u>Уметь</u> критически оценивать возможности изучаемых методов и получаемых результатов <u>Владеть</u> основами математических физических приемов оценки достоверности получаемых результатов

	экспериментов	
ПК-8	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области аналитической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<u>Знать</u> принципы создания и реализации схем анализов сложных объектов <u>Уметь</u> методически правильно проводить эксперименты по разделению и концентрированию сложных смесей <u>Владеть</u> навыками самостоятельного проведения эксперимента и интерпретации полученных результатов
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<u>Знать:</u> основные мировые и отечественные тенденции развития методов разделения и концентрирования <u>Уметь:</u> выбирать современное направление и подходы к реализации методов разделения и концентрирования для решения конкретных исследовательских задач <u>Владеть:</u> критериями и подходами к обоснованному выбору методов разделения и концентрирования
УК-4	готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке	<u>Знать</u> интернациональную систему обозначений и терминологию методов разделения и концентрирования <u>Уметь</u> пользоваться данной терминологией и понимать результаты процессов разделения и концентрирования, представленные на иностранном языке <u>Владеть</u> основами иностранного языка, позволяющими понимать информацию в области изучаемых методов разделения и концентрирования.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) Зачет.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	4	4		
в том числе:	лекции	-	-	
	практические	-	-	
	лабораторные	-	-	
	индивидуальные занятия	4	4	
Самостоятельная работа	68	68		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		

Форма промежуточной аттестации (зачет)				
Итого:	72	72		

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Индивидуальные занятия		
1	Общая классификация методов разделения	Основные понятия. Методы разделения гетерогенных смесей. Общие принципы методов разделения гомогенных смесей веществ и их классификация.
2. Самостоятельная работа		
2.1	Методы разделения, основанные на образовании выделяемым веществом новой фазы	Методы, основанные на образовании твердой и жидкой фазы. Осаждение. Электроосаждение. Кристаллизация. Вымораживание. Селективное растворение. Методы, основанные на образовании газовой фазы. Отгонка из раствора. Отгонка в среде газообразного реагента. Упаривание, возгонка, дистилляция и ректификация.
2.2	Методы разделения, основанные на различиях в распределении веществ между фазами	Внутригрупповая классификация и общие характеристики методов. Жидкостная экстракция. Методы разделения, основанные на распределении веществ в системах жидкость - твердая фаза и газ – твердая фаза. Сорбция и её возможные механизмы. Молекулярная адсорбция и адсорбенты. Ионный обмен и ионообменные сорбенты. Комплексообразующая сорбция. Кристаллизационные методы. Методы разделения, основанные на распределении веществ в системе жидкость – газ. Газовая экстракция. Жидкостная абсорбция. Сверхкритическая флюидная экстракция.
2.3	Хроматографические методы разделения веществ	Теоретические основы хроматографии. Основные параметры хроматографического процесса. Тарелочная теория хроматографии. Диффузионно-кинетическая теория. Внутригрупповая классификация. Колоночная хроматография. Планарная хроматография. Хроматографическое разделение в условиях разнонаправленных потоков фаз. Хроматографические методы в зависимости от применяемой схемы разделения веществ. Газовая хроматография. Жидкостная хроматография. Их варианты.
2.4	Мембранные методы разделения веществ	Общие сведения о мембранах и мембранных методах разделения. Диффузионные методы. Электромембранные методы. Баромембранные методы
2.5	Методы внутрифазного разделения	Принципы внутрифазного разделения. Электрофорез. Проточное фракционирование в поперечном поле.
	Комбинированные	Общие принципы комбинированных методов.

2.6	методы разделения	Оптические методы разделения. Хромато-мембранные методы разделения. Электрохроматография.
-----	-------------------	---

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Индивидуальные занятия	Самостоятельная работа	
1	Общая классификация методов разделения	0	0	0	4	0	4
2	Методы разделения, основанные на образовании выделяемым веществом новой фазы	0	0	0	0	16	16
3	Методы разделения, основанные на различиях в распределении веществ между фазами	0	0	0	0	16	16
4	Хроматографические методы разделения веществ	0	0	0	0	16	16
5	Мембранные методы разделения веществ	0	0	0	0	6	6
6	Методы внутрифазного разделения	0	0	0	0	5	5
7	Комбинированные методы разделения	0	0	0	0	5	5
Итого:		0	0	0	4	68	72

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**  
*работа с конспектами лекций, использование интернет ресурсов, выполнение лабораторных работ.*

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия : учебник / Ю. Я. Харитонов - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. - 320 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970444009.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970444009.html</a>
2	<a href="#">Васюкова А.Т.</a> Аналитическая химия / Васюкова А.Т., Веденяпина М.Д. — Москва : Дашков и К, 2019 .— 156 с. - Текст : электронный // ЭБС

	"Консультант студента" : [сайт]. – URL <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394028373.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394028373.html</a> >
3	Зяблов А. Н.. Основы аналитической химии. учебное пособие / А. Н. Зяблов .— Воронеж : Научная книга, 2019 .— 134 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Москвин Л. Н. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии / Л.Н. Москвин, О.В. Родинков.- Долгопрудный : Интеллект, 2011.- 348 с.
5	Кристиан Г. Аналитическая химия : в 2 т. / Г. Кристиан ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. -Т.1. – 623 с.
6	Кристиан Г. Аналитическая химия : в 2 т. / Г. Кристиан ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.- Т.2. – 504 с.
7	Березкин В.Г. Газо-жидко-твердофазная хроматография / В.Г. Березкин .— М. : Химия, 1986 .— 111с.
8	<u>Хванг Сан-Так</u> . Мембранные процессы разделения = Membranes in separations / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер ; пер. с англ. Е.П. Моргуновой, Ю.Н. Жилина; под ред. Ю.И. Дытнерского .— М. : Химия, 1981 .— 463с.
9	<u>Янча Йозеф</u> . Проточное фракционирование в поперечном поле. Анализ макромолекул и частиц / пер. с англ.: Ю.А. Эльтекова; под ред. В.Г. Березкина .— М. : Мир, 1992 .— 294с.
10	Москвин Л.Н. Хроматомембранные методы разделения веществ. Аналитические и технологические возможности/ Л.Н. Москвин // Российский химический журнал.-1996.- № 1.-С.67-76.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
11	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
12	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
13	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
14	Зональная научная библиотека ВГУ <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
15	Электронный университет <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
16	«Аналитика-Мир профессионалов» ИНТЕРНЕТ ПОРТАЛ ХИМИКОВ-АНАЛИТИКОВ <a href="http://www.anchem.ru/">http://www.anchem.ru/</a>
17	Интернет-ресурсы по методам химического анализа - <a href="http://www.rusanalytchem.org">http://www.rusanalytchem.org</a>
18	Интернет портал для химиков <a href="http://www.chemweb.com">http://www.chemweb.com</a>
19	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8013">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8013</a>

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

№ п/п	Источник
1.	Газовая и высокоэффективная жидкостная хроматография : Практикум для студентов по специальности 011000- "Химия" / Воронеж. гос. ун-т. Каф. аналит. химии; Сост.: М.В. Матвеева, С.И. Карпов, О.Ф. Стоянова .— Воронеж, 2003 .— 31 с.

2.	Физико-химические методы анализа : Пособие по специальности 011000-Химия / Воронеж. гос. ун-т. Каф. аналит. химии; Сост.: В.А. Шапошник, В.Ю. Хохлов, Н.Я. Мокшина, В.Ф. Селеменев .— Воронеж, 2004 .— 35 с.
3.	Методы химического анализа окружающей среды : учебно-методическое пособие для студентов / Воронеж. гос. ун-т; сост. : В.И. Васильева, О.В. Григорчук, Н.Я. Мокшина .— Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005 .— 59 с.

### 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):

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:

ноутбук Dell Inspiration, мультимедийный проектор EPSON иономеры, спектрофотометр, фотоколориметр, хроматограф

### 19. Фонд оценочных средств:

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.

#### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1	<u>Знать</u> физико-химические основы и аппаратное оформление физико-химических методов разделения и концентрирования, их программное и аппаратное обеспечение	все	
	<u>Уметь</u> обоснованно выбирать наиболее оптимальных метод разделения для решения конкретной задачи и осуществить его на практике с использованием средств ИКТ	все	

	<u>Владеть</u> совокупностью принципов и правил, позволяющих обоснованно выбрать метод разделения и/или концентрирования в совокупности с информационным обеспечением	все	
ПК-5	<u>Знать</u> области применения и возможности методов для их применения в смежных отраслях науки (физике, биологии, геологии)	все	
	<u>Уметь</u> критически оценивать возможности изучаемых методов и получаемых результатов	все	
	<u>Владеть</u> основами математических физических приемов оценки достоверности получаемых результатов	все	
ПК-8	<u>Знать</u> принципы создания и реализации схем анализов сложных объектов <u>Уметь</u> методически правильно проводить эксперименты по разделению и концентрированию сложных смесей <u>Владеть</u> навыками самостоятельного проведения эксперимента и интерпретации полученных результатов		
УК-1	<u>Знать:</u> основные мировые и отечественные тенденции развития методов разделения и концентрирования	все	
	<u>Уметь:</u> выбирать современное направление и подходы к реализации методов разделения и концентрирования для решения конкретных исследовательских задач	все	
	<u>Владеть:</u> критериями и подходами к обоснованному выбору методов разделения и концентрирования	все	
УК-4	<u>Знать</u> интернациональную систему обозначений и терминологию методов разделения и концентрирования	все	
	<u>Уметь</u> пользоваться данной терминологией и понимать результаты процессов разделения и концентрирования, представленные на иностранном языке	все	
	<u>Владеть</u> основами иностранного языка, позволяющими понимать	все	



	информацию в области изучаемых методов разделения и концентрирования		
<b>Промежуточная аттестация</b>			КИМ

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Аспирант в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выбора схем разделения.	Повышенный уровень	Зачтено
Аспирант владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен выборочно предлагать методы для решения локальных задач.	Базовый уровень	Зачтено
Аспирант владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен ориентироваться в изучаемых методах.	Пороговый уровень	Зачтено
Аспирант демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Не зачтено

### 19.3 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

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Хроматографические методы Принцип методов. Основные понятия
2. Эффективность и селективность хроматографического разделения. Концепция теоретических тарелок и ее недостатки. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса.
3. Газовая хроматография Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Сущность метода. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение.
4. Газо-жидкостная хроматография. Принцип метода. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения. Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография.
5. Сверхкритическая флюидная хроматография. Сущность, особенности, применение.

6. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения.
7. Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ.
8. Ионная хроматография. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода.
9. Аффинная хроматография. Специфика метода, применяемые адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Области применения.
10. Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения.
11. Плоскостная хроматография. Сущность метода и области применения.
12. Другие методы разделения и концентрирования. Процессы и реакции, лежащие в основе методов.
13. Классификация методов разделения и концентрирования. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования.
14. Количественные характеристики разделения и концентрирования: коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициенты разделения и концентрирования.
15. Сочетание разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода.
16. Экстракция как процесс и метод, ее значение в аналитической практике. Сущность метода. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Способы осуществления экстракции.
17. Осаждение и соосаждение.
18. Электрохимические методы. Классификация. Электровыделение, цементация, электрофорез, изотахофорез.
19. Мембранные методы разделения. Электромембранные и баромембранные методы.

### 19.3.2 Тестирование

1. Какой принцип лежит 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. Какой принцип лежит в различии газовой хроматографии от жидкостной ?
  - 1) природа контактирующих фаз ;
  - 2) используемая техника ;
  - 3) механизм элементарного акта.
4. От каких факторов зависит эффективность хроматографической колонки по концепции теоретических тарелок ?
  - 1) эффективность колонки прямо пропорциональна высоте, эквивалентной теоретической тарелке ;
  - 2) эффективность колонки возрастает с увеличением числа теоретических тарелок ;
  - 3) эффективность колонки зависит от природы сорбируемого иона.
5. Какой из перечисленных ионов будет сильнее удерживаться на катионообменнике при прочих равных условиях ?
  - 1)  $\text{Na}^+$ ;
  - 2)  $\text{Al}^{3+}$  ;
  - 3)  $\text{Mg}^{2+}$ .
6. Укажите правильное определение понятия "коэффициент распределения"
  - 1) отношение равновесных концентраций распределяющегося индивидуального вещества между двумя фазами;

2) отношение общих (аналитических) концентраций распределяющегося между двумя фазами индивидуального вещества ;

3) отношение активностей индивидуального в в разных фазах ;

7. Каким выражением определяется фактор разделения (R)?

$$1) \frac{D_1}{D_2}; \quad 2) \frac{C_{1(o)}}{C_{2(o)}}; \quad 3) \frac{C_{2(e)}}{C_{1(o)}}.$$

8. Какая величина из приведенных характеризует коэффициент концентрирования?

$$1) R_A/R_B; \quad 2) D_A/D_B; \quad 3) C_{A(B)}/C_{B(e)}; \quad 4) C_{A(o)}/C_{B(o)}.$$

9. На чем основано разделение ионов по аммиачно-фосфатной схеме анализа ?

1) на различной растворимости хлоридов и фосфатов в воде, кислотах, щелочи и водном растворе аммиака ;

2) на различной растворимости хлоридов, сульфатов и сульфидов в воде ;

3) на различной растворимости сульфидов, карбонатов, гидроксидов и хлоридов в кислотах.

10. Каков тип экстрагирующегося соединения магния с оксихинолином ?

1) координационное внутримолекулярное соединение;

2) координационно сольватированное нейтральное соединение,

3) комплексная металлокислота.

Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответы	3	3	1	2	2	2	1	1	1	1

#### Критерии оценки:

**Зачтено.** Правильно выполнено 51–100% заданий, что соответствует полному освоению компетенций.

**Не зачтено.** Правильно выполненных заданий не более 50% или тест не представлен вовсе, что соответствует не освоению компетенций.

#### 19.4. 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 промежуточной аттестации.

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, позволяющие оценить степень сформированности умений.

При оценивании используются критерии оценивания компетенций. Критерии оценивания приведены выше.

*Задания раздела 19.3.2 **Тестирование** могут быть использованы при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины*