

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по высшему медицинскому,  
фармацевтическому образованию

**УТВЕРЖДЕНО**

Первым заместителем  
Министра образования  
Республики Беларусь  
И.А.Старовойтовой

**28.06.2022**

Регистрационный № ТД-Л.687/тип.

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Типовая учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности  
**1-79 01 08 «Фармация»**

**СОГЛАСОВАНО**

Первый заместитель  
Министра здравоохранения  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ Е.Н.Кроткова  
\_\_\_\_\_ 20\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Сопредседатель Учебно-  
методического объединения по  
высшему медицинскому,  
фармацевтическому образованию

\_\_\_\_\_ С.П.Рубникович  
\_\_\_\_\_ 20\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С.А.Касперович  
\_\_\_\_\_ 20\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский  
институт высшей школы»

\_\_\_\_\_ И.В.Титович  
\_\_\_\_\_ 20\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_ 20\_\_

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

А.И.Жебентяев, заведующий кафедрой токсикологической и аналитической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», доктор фармацевтических наук, профессор;

М.Н.Сабодина, доцент кафедры токсикологической и аналитической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кандидат химических наук;

М.Л.Пивовар, доцент кафедры токсикологической и аналитической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», кандидат фармацевтических наук, доцент

## **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра фармацевтической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (протокол № 9 от 12.03.2022);

А.А.Чиркин, профессор кафедры химии и естественнонаучного образования учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М.Машерова», доктор биологических наук, профессор

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой токсикологической и аналитической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 14 от 27.01.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 3 от 16.03.2022);

Научно-методическим советом по фармации Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию (протокол № 3 от 14.04.2022)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Аналитическая химия» – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания о принципах, методах и средствах определения качественного и количественного химического состава и структуры веществ.

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Аналитическая химия» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования I ступени по специальности 1-79 01 08 «Фармация», утвержденным и введенным в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.01.2022 №14; типовым учебным планом по специальности 1-79 01 08 «Фармация» (регистрационный № L 79-1-007/пр-тип.), утвержденным первым заместителем Министра образования Республики Беларусь 19.05.2021.

Цель учебной дисциплины «Аналитическая химия» – формирование знаний, умений и навыков для проведения количественного и качественного анализа лекарственных средств.

Задачи учебной дисциплины «Аналитическая химия» состоят в формировании у студентов научных знаний о теоретических основах химических и инструментальных методов анализа с целью определения качественного и количественного состава объектов; методологии проведения анализа; умений и навыков, необходимых для проведения качественного и количественного анализа для контроля качества лекарственных средств.

Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Аналитическая химия», необходимы для успешного изучения следующих учебных дисциплин: «Фармацевтическая химия», «Токсикологическая химия», «Современные методы анализа и стандартизация лекарственных средств».

Преподавание учебной дисциплины «Аналитическая химия» базируется на знаниях, полученных при изучении следующих учебных дисциплин: «Биомедицинская физика», «Биомедицинская статистика», «Общая и неорганическая химия».

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины «Аналитическая химия», должен обладать следующей базовой профессиональной компетенцией:

применять знания основных физических, химических и биологических закономерностей для контроля качества лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.

В результате изучения учебной дисциплины «Аналитическая химия» студент должен:

знать:

основные понятия аналитической химии, роль и значение методов аналитической химии в фармации;

основы пробоотбора, пробоподготовки и химического анализа проб;

способы приготовления, стандартизации и хранения реактивов;

теоретические основы методов качественного и количественного анализа химического состава вещества;

устройство основных типов аналитического оборудования, применяемого в инструментальных методах анализа;

способы математической обработки результатов химического анализа;

уметь:

обоснованно выбирать метод и методику анализа вещества, проводить все необходимые расчеты;

использовать приемы и способы работы с химическими реактивами и лабораторной посудой, необходимые для проведения качественного и количественного анализа;

работать с основными типами аналитических приборов, используемых при проведении химического анализа;

проводить количественное определение веществ химическими и инструментальными методами анализа;

владеть:

навыками работы с химической посудой, химическими реактивами, аналитическим оборудованием и другими приборами, используемыми при проведении химического анализа;

методиками качественного и количественного анализа различных объектов;

навыками приготовления и стандартизации растворов химических реактивов;

техникой анализа веществ с помощью химических и инструментальных методов.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические знания, практические умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

Всего на изучение учебной дисциплины отводится 408 академических часов, из них 215 аудиторных и 193 часа самостоятельной работы студентов.

Рекомендуемые формы текущей аттестации: зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр).

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела (темы)	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий	
		лекций	лабораторных
<b>1. Цель и задачи аналитической химии</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	–
<b>2. Качественный химический анализ</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>22</b>
<b>3. Пробоотбор и пробоподготовка в фармацевтическом анализе</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>4. Методы разделения и концентрирования</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>5. Химическое равновесие в аналитической химии. Протолитические равновесия</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
5.1. Химическое равновесие в аналитической химии	6	1	5
5.2. Важнейшие теории кислот и оснований. Основные свойства растворителя, влияющие на кислотно-основные свойства вещества	1	1	–
5.3. Расчет рН водных растворов протолитов. Кислотно-основные буферные растворы	5	–	5
<b>6. Введение в титриметрический метод анализа. Кислотно-основное титрование</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
6.1. Общая характеристика титриметрических методов анализа	5	–	5
6.2. Сущность метода кислотно-основного титрования. Кислотно-основные индикаторы	6	1	5
6.3. Основные типы кривых кислотно-основного титрования. Погрешности титрования	6	1	5
6.4. Применение кислотно-основного титрования в водных средах. Кислотно-основное титрование в неводных средах	5	–	5
<b>7. Равновесия «осадок-раствор»</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>8. Осадительное титрование</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>9. Равновесия комплексообразования. Органические реагенты в химическом анализе</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>10. Комплексометрическое титрование</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>11. Гравиметрический метод анализа</b>	<b>5</b>	–	<b>5</b>
<b>12. Аналитическая химия и хемометрика. Методы математической статистики для обработки результатов количественного анализа</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>13. Окислительно-восстановительные равновесия</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>14. Методы окислительно-восстановительного титрования</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>25</b>

Наименование раздела (темы)	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятия	
		лекций	лабораторных
14.1. Общая характеристика методов окислительно-восстановительного титрования. Иодометрическое титрование. Хлориодометрическое титрование	6	1	5
14.2. Иодатометрическое титрование. Нитритометрическое титрование. Дихроматометрическое титрование	15	–	15
14.3. Перманганатометрическое титрование. Броматометрическое титрование. Цериметрическое титрование	5	–	5
<b>15. Общая характеристика инструментальных методов анализа. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Методы расчета концентрации вещества по величине аналитического сигнала</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>16. Абсорбционные спектрометрические методы анализа</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
16.1. Атомно-абсорбционная спектрометрия	6	1	5
16.2. Молекулярная абсорбционная спектрометрия в ультрафиолетовой и видимой области. Инфракрасная спектрометрия	16	1	15
<b>17. Эмиссионные спектрометрические методы анализа</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
17.1. Атомно-эмиссионная спектрометрия	6	1	5
17.2. Люминесцентная спектрометрия	6	1	5
<b>18. Хроматографические методы анализа</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>20</b>
18.1. Общая характеристика и теоретические основы хроматографических методов анализа	7	2	5
18.2. Газовая хроматография	7	2	5
18.3. Жидкостная хроматография	12	2	10
<b>19. Электрохимические методы анализа</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
19.1. Общая характеристика и классификация электрохимических методов анализа. Кондуктометрия. Кулонометрия	6	1	5
19.2. Потенциометрический метод анализа. Вольтамперометрия	6	1	5
<b>Всего часов</b>	<b>215</b>	<b>30</b>	<b>185</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. Цель и задачи аналитической химии

Аналитическая химия как наука о методах анализа вещества, ее место в системе наук. Фармацевтическая аналитическая служба.

Основные понятия аналитической химии: принцип, метод и методика анализа. Виды анализа. Основные этапы анализа. Факторы, определяющие постановку аналитической задачи: уровень содержания компонента, требуемая точность, экспрессность анализа, стоимость.

Методы аналитической химии: методы пробоотбора, методы разложения проб, методы разделения и концентрирования, методы обнаружения и количественного определения (химические, инструментальные, биологические).

Краткий исторический очерк развития аналитической химии. Применение методов аналитической химии в фармации.

### 2. Качественный химический анализ

Основные принципы качественного химического анализа. Аналитический эффект и аналитическая реакция. Классификация аналитических реакций и реагентов, используемых в качественном анализе (селективные, групповые специфические). Важнейшие характеристики аналитической реакции (избирательность, предел обнаружения, селективность, чувствительность). Дробный и систематический анализ. Аналитические группы катионов и анионов. Характерные реакции обнаружения катионов и анионов. Особенности качественного анализа неорганических и органических веществ. Способы устранения мешающего влияния ионов: разделение, маскирование. Использование качественного анализа в фармации.

### 3. Пробоотбор и пробоподготовка в фармацевтическом анализе

Виды проб (средняя представительная, генеральная, лабораторная, анализируемая). Отбор проб газов, жидкостей и твердых веществ, усреднение пробы. Причины погрешностей при отборе проб. Разложение пробы. Разложение пробы путем растворения (без протекания химической реакции и с протеканием химических реакций), сплавления и термического разложения. Нежелательные процессы, происходящие при разложении пробы.

### 4. Методы разделения и концентрирования

Количественные характеристики эффективности разделения и концентрирования (коэффициент разделения, коэффициент концентрирования). Основные понятия, используемые в методе жидкость-жидкостной экстракции (экстрагент, экстракт, реэкстракция, реэкстракт, реэкстрагент). Количественные характеристики экстракционного равновесия (константа экстракции, константа распределения, коэффициент распределения, степень однократной экстракции). Экстракционные системы и экстрагенты. Влияние различных факторов на процесс экстракции. Способы осуществления экстракции. Применение экстракции в аналитической химии.

## **5. Химическое равновесие в аналитической химии. Протолитические равновесия**

### **5.1. Химическое равновесие в аналитической химии**

Константа химического равновесия. Виды констант химического равновесия, используемые в аналитической химии (термодинамические, реальные и условные концентрационные, общие, ступенчатые). Отклонения от идеальности в растворах сильных электролитов. Активность и коэффициент активности (среднеионный, индивидуальный). Ионная сила раствора. Зависимость активности сильного электролита от ионной силы раствора. Общие принципы расчета состава равновесных систем. Общая и равновесная концентрации, молярная доля формы вещества. Уравнения материального баланса и электронейтральности. Понятие о способах графического описания равновесий.

### **5.2. Важнейшие теории кислот и оснований. Основные свойства растворителя, влияющие на кислотно-основные свойства вещества**

Теории кислот и оснований: протолитическая теория Бренстеда-Лоури, теория Аррениуса, теория Льюиса. Количественное описание силы кислот и оснований (константа кислотности, константа основности, константа кислотности сопряженной кислоты, их показатели). Влияние растворителя на кислотно-основные свойства растворенного вещества. Протонные и апротонные растворители. Классификация растворителей по кислотно-основным свойствам и полярности. Автопротолиз растворителя. Константа автопротолиза. Нивелирующее и дифференцирующее действие растворителя. Сильные и слабые кислоты и основания. Водородный показатель.

### **5.3. Расчет pH водных растворов протолитов. Кислотно-основные буферные растворы**

Расчет водородного показателя (рН) водных растворов сильных и слабых кислот, смесей нескольких кислот, растворов сильных и слабых оснований, амфолитов и смесей нескольких оснований. Расчет состава равновесных смесей протолитов при заданном значении рН. Кислотно-основные буферные растворы, общая характеристика, принцип действия. Расчет рН буферного раствора. Буферная емкость. Использование буферных систем в анализе.

## **6. Введение в титриметрический метод анализа. Кислотно-основное титрование**

### **6.1. Общая характеристика титриметрических методов анализа**

Основные понятия, связанные с титриметрическими методами анализа: титрование, титрант, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, кривая титрования, степень оттитрованности. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии. Классификация титриметрических методов анализа и способов титрования. Титранты и стандартные вещества в титриметрических методах анализа, требования к ним. Способы описания количественного состава растворов в титриметрии. Расчеты в титриметрических методах анализа, связанные с приготовлением растворов титрантов и титрованием. Характеристика мерной посуды, используемой для точного и приблизительного измерения объема жидкости. Очистка мерной посуды и



подготовка ее к работе. Правила работы с мерной посудой. Проверка вместимости мерной посуды.

### **6.2. Сущность метода кислотно-основного титрования. Кислотно-основные индикаторы**

Принцип кислотно-основного титрования. Ацидиметрия и алкалиметрия. Приготовление и стандартизация растворов титрантов кислотно-основного титрования. Общая характеристика и классификация индикаторов. Кислотно-основные индикаторы. Интервал перехода окраски кислотно-основных индикаторов. Примеры кислотно-основных индикаторов.

### **6.3. Основные типы кривых кислотно-основного титрования. Погрешности титрования**

Понятие о кривой титрования. Степень оттитрованности. Кривые титрования сильной кислоты сильным основанием и сильного основания сильной кислотой. Кривые титрования слабой кислоты сильным основанием и слабого основания сильной кислотой. Факторы, влияющие на величину скачка кислотно-основного титрования. Систематические и случайные индикаторные погрешности кислотно-основного титрования. Титрование многоосновных кислот и многокислотных оснований. Анализ смеси гидроксида и карбоната щелочного металла, смеси карбоната и гидрокарбоната.

### **6.4. Применение кислотно-основного титрования в водных средах. Кислотно-основное титрование в неводных средах**

Применение кислотно-основного титрования в фармацевтическом анализе. Способы титриметрического определения солей аммония. Определение азота в органических соединениях методом Кьельдаля. Определение борной кислоты.

Ограничения применения кислотно-основного титрования в водных средах. Сущность метода кислотно-основного титрования в неводных средах. Критерии выбора растворителя для кислотно-основного титрования. Константа титрования. Растворители, титранты, стандартные вещества и индикаторы, используемые в неводном титровании. Применение кислотно-основного неводного титрования в фармацевтическом анализе для определения слабых кислот и оснований.

## **7. Равновесия «осадок-раствор»**

Произведение растворимости (термодинамическое, реальное концентрационное, условное концентрационное). Использование произведения растворимости для определения возможности выпадения осадка. Растворимость. Связь ионной и молекулярной растворимости вещества с произведением растворимости. Влияние различных факторов (природа растворяемого вещества и растворителя, температура, ионная сила, присутствие общего иона, побочные реакции) на растворимость малорастворимых электролитов. Общие принципы растворения осадков малорастворимых электролитов.

## **8. Осадительное титрование**

Общая характеристика и классификация методов осадительного титрования. Требования, предъявляемые к реакциям. Кривая осадительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка титрования.

Меркурометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение меркурометрического титрования в фармацевтическом анализе.

Аргентометрическое титрование. Сущность метода. Титранты аргентометрического титрования, способы приготовления, стандартизация. Обнаружение конечной точки аргентометрического титрования: методы Мора, Фольгарда и Фаянса. Условия применения и выбор адсорбционных индикаторов. Применение аргентометрического титрования в фармацевтическом анализе.

### **9. Равновесия комплексообразования. Органические реагенты в химическом анализе**

Основные понятия, связанные с комплексными соединениями. Классификация комплексных соединений. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Константы равновесия, используемые для характеристики комплексных соединений: константы образования, константы диссоциации (общие, ступенчатые, термодинамические, реальные и условные концентрационные). Кинетическая устойчивость комплексных соединений.

Влияние различных факторов (природа комплексообразователя и лигандов, температура, ионная сила, побочные реакции) на процесс комплексообразования и устойчивость комплексных соединений. Влияние концентрации реагирующих веществ на комплексообразование. Расчет молярных долей свободных ионов металла и комплексов в равновесной смеси. Функция закомплексованности. Среднее лигандное число.

Применение органических реагентов в аналитической химии. Функционально-аналитическая группировка. Факторы, влияющие на реакционную способность органических реагентов. Классификация органических реагентов по типу донорных атомов. Важнейшие органические реагенты, применяемые в химическом анализе. Возможности использования комплексных соединений в фармацевтическом анализе.

### **10. Комплексометрическое титрование**

Общая характеристика и классификация методов комплексометрического титрования. Требования, предъявляемые к реакциям. Кривая комплексонометрического титрования. Факторы, влияющие на величину скачка титрования.

Меркуриметрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Практическое применение меркуриметрического титрования в фармацевтическом анализе.

Общая характеристика комплексонометрического титрования. Характеристика свойств этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и ее взаимодействие с катионами металлов. Равновесия в водных растворах ЭДТА. Состав и устойчивость комплексонов металлов. Способы обнаружения конечной точки титрования в комплексонометрии. Металлоиндикаторы. Общая характеристика, классификация, взаимодействие с ионами металлов, интервал перехода окраски металлохромных индикаторов. Примеры металлохромных индикаторов. Титранты и способы комплексонометрического титрования.

Применение комплексонометрического титрования в фармацевтическом анализе.

### **11. Гравиметрический метод анализа**

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Виды гравиметрических определений. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Основные этапы методики гравиметрического определения методом осаждения. Понятие о механизме образования осадка. Образование первичных центров кристаллизации. Относительное пересыщение и его влияние на характер образующегося осадка. Коллоидная стадия образования малорастворимого соединения. Основные процессы, приводящие к загрязнению осадка, их причины и способы устранения. Применение гравиметрии в фармацевтическом анализе.

### **12. Аналитическая химия и хемометрика. Методы математической статистики для обработки результатов количественного анализа**

Правила работы с округленными величинами. Понятие о значащих цифрах. Понятие «неопределенность измерения» и «погрешность измерения». Правильность и воспроизводимость результатов анализа. Виды погрешностей: систематические, случайные, грубые. Причины появления систематических погрешностей. Оценка правильности результатов анализа (использование стандартных образцов, анализ другими методами, метод добавок, метод введено-найдено).

Основные понятия математической статистики, используемые в аналитической химии. Статистическая обработка и представление результатов количественного анализа. Обнаружение грубых погрешностей (промахов). Основные характеристики аналитической методики: предел обнаружения, предел определения, границы определяемых содержаний, чувствительность, воспроизводимость, правильность. Сравнение воспроизводимости, средних значений результатов анализа, проверка правильности.

### **13. Окислительно-восстановительные равновесия**

Количественная оценка окислительно-восстановительной способности веществ. Электродный потенциал. Стандартный электродный потенциал полуреакции, формальный потенциал. Электродвижущая сила реакции. Уравнение Нернста. Формальный электродный потенциал. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции. Влияние различных факторов (температура, посторонние ионы, pH, побочные реакции) на протекание окислительно-восстановительных реакций. Использование окислительно-восстановительных реакций в аналитической химии и фармацевтическом анализе.

### **14. Методы окислительно-восстановительного титрования**

#### **14.1. Общая характеристика методов окислительно-восстановительного титрования. Иодометрическое титрование. Хлориодометрическое титрование**

Общая характеристика и классификация методов окислительно-восстановительного титрования. Требования, предъявляемые к реакциям. Кривая окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка титрования. Способы обнаружения конечной точки

окислительно-восстановительного титрования. Окислительно-восстановительные индикаторы, интервал перехода окраски индикаторов. Примеры окислительно-восстановительных индикаторов. Систематические индикаторные погрешности.

Иодометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Практическое применение способов иодометрического титрования в фармацевтическом анализе. Определение воды методом Карла Фишера. Определение активного хлора.

Хлориодометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение хлориодометрического титрования в фармацевтическом анализе. Определение иодного числа.

#### **14.2. Иодатометрическое титрование. Нитритометрическое титрование. Дихроматометрическое титрование**

Иодатометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение иодатометрического титрования в фармацевтическом анализе.

Нитритометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение нитритометрического титрования в фармацевтическом анализе.

Дихроматометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение дихроматометрического титрования в фармацевтическом анализе.

#### **14.3. Перманганатометрическое титрование. Броматометрическое титрование. Цериметрическое титрование**

Перманганатометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение перманганатометрического титрования в фармацевтическом анализе.

Броматометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение броматометрического титрования в фармацевтическом анализе.

Цериметрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, титранты, обнаружение конечной точки титрования. Применение цериметрического титрования в фармацевтическом анализе.

#### **15. Общая характеристика инструментальных методов анализа. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Методы расчета концентрации вещества по величине аналитического сигнала**

Общая характеристика и классификация инструментальных методов анализа. Понятие об аналитическом сигнале. Эталонные и безэталонные методы количественного анализа. Стандартные вещества и стандартные образцы. Способы расчета концентрации вещества по величине аналитического сигнала.

Классификация спектрометрических методов анализа. Использование основного закона поглощения электромагнитного излучения в аналитической

химии. Пропускание и оптическая плотность. Молярный и удельный коэффициенты поглощения. Закон аддитивности оптических плотностей. Отклонения от основного закона светопоглощения.

## **16. Абсорбционные спектрометрические методы анализа**

### **16.1. Атомно-абсорбционная спектрометрия**

Абсорбционные спектрометрические методы анализа, основные понятия и классификация. Атомно-абсорбционная спектрометрия: процессы, приводящие к возникновению аналитического сигнала, атомные спектры поглощения. Устройство и принцип работы атомно-абсорбционных спектрометров. Возможности, достоинства и недостатки метода. Применение атомно-абсорбционной спектрометрии в фармацевтическом анализе.

### **16.2. Молекулярная абсорбционная спектрометрия в ультрафиолетовой и видимой области. Инфракрасная спектрометрия**

Молекулярная абсорбционная спектрометрия в ультрафиолетовой (УФ) и видимой области: процессы, приводящие к возникновению аналитического сигнала, молекулярные спектры поглощения.

Измерение аналитического сигнала, классификация и устройство приборов для измерения светопоглощения в УФ и видимой области спектра. Применение молекулярной абсорбционной спектрометрии в фармацевтическом анализе.

Основные приемы, используемые в спектрофотометрическом анализе: прямая, разностная, производная и многоволновая спектрофотометрия, фотометрические реакции, экстракционная фотометрия, фотометрическое титрование. Примеры применения спектрофотометрического анализа.

Инфракрасная спектрометрия: процессы, приводящие к возникновению аналитического сигнала, общая характеристика инфракрасных-спектров. Классификация и устройство инфракрасных-спектрометров. Применение инфракрасной спектрометрии в фармацевтическом анализе.

## **17. Эмиссионные спектрометрические методы анализа**

### **17.1. Атомно-эмиссионная спектрометрия**

Атомно-эмиссионная спектрометрия: процессы, приводящие к возникновению аналитического сигнала, атомные спектры испускания. Устройство атомно-эмиссионных спектрометров. Возможности, достоинства и недостатки метода. Применение атомно-эмиссионной спектрометрии в фармацевтическом анализе.

### **17.2. Люминесцентная спектрометрия**

Люминесцентные методы анализа. Классификация, основные характеристики и закономерности люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Диаграмма Яблонского. Влияние различных факторов на интенсивность флуоресценции растворов. Устройство и принцип работы приборов, применяемых для измерения флуоресценции. Основные приемы, используемые в люминесцентных методах анализа. Применение люминесцентных методов в фармацевтическом анализе.

## **18. Хроматографические методы анализа**

### **18.1. Общая характеристика и теоретические основы хроматографических методов анализа**

Принцип, положенный в основу метода, и классификация хроматографических методов анализа. Параметры удерживания и разделения в хроматографии. Способы получения хроматограмм. Приемы количественного определения в хроматографии (методы внутреннего стандарта, внешнего стандарта, внутренней нормализации). Теории хроматографического разделения (теория теоретических тарелок и кинетическая теория (уравнение Ван-Деемтера)).

### **18.2. Газовая хроматография**

Общая характеристика и классификация метода газовой хроматографии. Устройство и принцип работы газового хроматографа. Особенности газотвердофазной и газожидкостной хроматографии. Характеристика подвижных, неподвижных фаз и носителей. Методы количественной обработки хроматограмм. Применение газовой хроматографии в фармакопейном анализе.

Комбинированные методы анализа: хроматомасс-спектрометрия. Основные понятия, масс-спектр вещества. Устройство и принцип работы масс-спектрометра. Способы ионизации органических веществ, типы масс-анализаторов. Применение хромато-масс-спектрометрии в фармацевтическом анализе.

### **18.3. Жидкостная хроматография**

Бумажная и тонкослойная хроматография: характеристика подвижных и неподвижных фаз, методика получения плоскостной хроматограммы. Качественный и количественный анализ плоскостной хроматограммы. Применение бумажной и тонкослойной хроматографии в фармацевтическом анализе.

Ионообменная хроматография: ионообменное равновесие, характеристика подвижных и неподвижных фаз, применение ионообменной хроматографии в фармацевтическом анализе. Понятие об ионной и ион-парной хроматографии.

Эксклюзионная хроматография: механизм разделения, характеристика используемых твердых носителей и растворителей, применение в фармацевтическом анализе.

Общая характеристика и классификация колоночной жидкостной хроматографии. Высокоэффективная и сверхвысокоэффективная жидкостная хроматография. Устройство и принцип работы жидкостного хроматографа. Применение высокоэффективной жидкостной хроматографии в фармацевтическом анализе.

## **19. Электрохимические методы анализа**

### **19.1. Общая характеристика и классификация электрохимических методов анализа. Кондуктометрия. Кулонометрия**

Общая характеристика и классификация электрохимических методов анализа. Характеристика электродов и принцип работы электрохимической ячейки.

Кондуктометрический метод анализа: теоретические основы и классификация. Кондуктометрическая ячейка для измерения электропроводности. Применение прямой кондуктометрии в фармацевтическом анализе. Кондуктометрическое титрование: принцип метода, типы кривых кондуктометрического титрования, применение в фармацевтическом анализе. Понятие о высокочастотной кондуктометрии.

Кулонометрический метод анализа: общая характеристика и классификация, виды кулонометров, измерение аналитического сигнала в прямой кулонометрии. Кулонометрическое титрование: принцип метода, измерение аналитического сигнала, применение в фармацевтическом анализе.

### **19.2. Потенциометрический метод анализа. Вольтамперометрия**

Потенциометрический метод анализа: теоретические основы и классификация, условия измерения аналитического сигнала. Принцип работы, классификация и основные характеристики ионоселективных электродов. Способы определения концентрации вещества в прямой потенциометрии. Потенциометрическое титрование: принцип метода, обнаружение конечной точки титрования с использованием кривой титрования, ее производных, а также методом Грана, применение в фармацевтическом анализе.

Вольтамперометрический метод анализа, общая характеристика и классификация: полярография и вольтамперометрия. Измерение аналитического сигнала. Условия, необходимые для вольтамперометрических измерений. Полярографическая кривая. Полярографическая волна. Потенциал полуволны. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Применение вольтамперометрии в фармацевтическом анализе. Современные методы вольтамперометрии. Амперометрическое титрование: принцип метода, условия проведения титрования, применение в фармацевтическом анализе. Амперометрическое титрование с двумя индикаторными электродами.

Радиометрическое титрование: общая характеристика метода, требования, предъявляемые к радиоактивным индикаторам, применение в фармацевтическом анализе.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ****ЛИТЕРАТУРА****Основная:**

1. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учеб. пособие / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – 2-е изд. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 542 с. : ил.
2. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия. Инструментальные методы анализа : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по фармацевт. и хим. специальностям / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – Минск : Новое знание, 2021. – 360 с. : ил.
3. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия в вопросах, задачах и тестовых заданиях : пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальности 1-79 01 08 «Фармация» / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть ; М-во здравоохранения Республики Беларусь, УО «Витебский гос. мед. ун-т». – Витебск : ВГМУ, 2019. – 183 с.

**Дополнительная:**

4. Харитонов, Ю. А. Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ : учеб. пособие / Ю. А. Харитонов, В. Ю. Краснюк, И. И. Григорьева. – 8-е изд. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 688 с. : ил.
5. Аналитическая химия : учеб. для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 3 т. Т. 1 : Химические методы анализа / А. В. Гармаш [и др.] ; под ред. А. А. Ищенко. – Москва : Физматлит, 2019. – 456 с. : ил.
6. Аналитическая химия : учеб. для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 3 т. Т. 2, ч. 1 : Инструментальные методы анализа / М. В. Алов [и др.] ; под ред. А. А. Ищенко. – Москва : Физматлит, 2019. – 472 с. : ил.
7. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы : учеб. пособие / Ю. А. Барбалат [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова, Т. Н. Шеховцовой, К. В. Осолка. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 413 с. : ил.
8. Государственная фармакопея Республики Беларусь. (ГФ. РБ II) : разработ. на основе Европ. Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 янв. 2013 г. приказом М-ва здравоохранения Республики Беларусь от 25.04.2012 г. № 453. Т. 1: Общие методы контроля качества лекарственных средств / И. В. Агафонова [и др.] ; М-во здравоохранения Республики Беларусь, Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении ; [под общ. ред. А. А. Шерякова]. – Молодечно : Победа, 2012. – 1217 с. : ил.
9. Государственная фармакопея Республики Беларусь : (ГФ. РБ II) : разработ. на основе Европейской Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 июля 2016 г. приказом М-ва здравоохранения Республики Беларусь от 31.03.2016 г. № 270. Т. 2 : Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / Н. В. Александрова [и др.] ; М-во здравоохранения



Республики Беларусь, РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» ; [под общ. ред. С. И. Марченко]. – Молодечно : Победа, 2016. – 1367 с.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться обучающимися на:

- подготовку к лабораторным занятиям;
- подготовку к зачету и экзамену по учебной дисциплине;
- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- решение задач;
- выполнение исследовательских и творческих заданий;
- выполнение практических заданий;
- конспектирование учебной литературы;
- подготовку отчетов;
- оформление информационных и демонстрационных материалов (видео, графики, таблицы и пр.);
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- составление тестов для организации взаимоконтроля.

Основные формы организации самостоятельной работы:

- изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и лабораторные занятия;
- компьютерное тестирование;
- изготовление дидактических материалов;
- подготовка и участие в активных формах обучения.

Контроль самостоятельной работы может осуществляться в виде:

- контрольной работы;
- итогового занятия, коллоквиума в форме устного собеседования, письменной работы, тестирования;
- защиты учебных заданий;
- защиты протокола лабораторного занятия;
- оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада или решения задачи на практических занятиях;
- проверки рефератов, письменных докладов, отчетов, конспектов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

**Устная форма:**

- фронтальные, индивидуальные и комбинированные опросы;
- собеседования;
- устный зачет;
- устный экзамен.

**Письменная форма:**

тесты;  
 контрольные работы;  
 письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям;  
 письменные отчеты по лабораторным работам (лабораторные журналы);  
 дневник учета практических навыков;  
 оценивание на основе модульно-рейтинговой системы;  
 оценивание на основе кейс-метода (решение ситуационных задач);  
 решение задач;  
 олимпиады по учебным дисциплинам.

**Устно-письменная:**

отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;  
 отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;  
 отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;  
 зачет;  
 экзамен;  
 оценивание на основе модульно-рейтинговой системы;  
 оценивание на основе кейс-метода (решение ситуационных задач).

**Техническая форма:**

электронные тесты.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ**

1. Идентификация неорганического вещества, в состав которого могут входить: катионы – бария, аммония, свинца, цинка и кальция; анионы – хлорид, тиоцианат, сульфат, нитрат, карбонат.
2. Приготовление и стандартизация раствора кислоты хлороводородной.
3. Приготовление и стандартизация раствора калия гидроксида.
4. Анализ смеси натрия гидрокарбоната и натрия карбоната методом кислотно-основного титрования.
5. Приготовление и стандартизация раствора этилендиаминтетрауксусной кислоты.
6. Комплексометрическое определение цинка сульфата.
7. Комплексометрическое определение кальция хлорида.
8. Стандартизация раствора натрия тиосульфата.
9. Иодометрическое определение водорода пероксида.
10. Приготовление и стандартизация раствора натрия нитрита.
11. Нитритометрическое определение новокаина.
12. Стандартизация раствора калия перманганата.
13. Перманганатометрическое определение водорода пероксида.
14. Фотометрическое определение железа (III).
15. Спектрофотометрическое определение новокаина.
16. Флуориметрическое определение рибофлавина.
17. Ионообменное определение натрия хлорида.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Занятие 1. Введение в практикум. Цель и задачи аналитической химии. Реакции обнаружения катионов I - III аналитических групп.

Занятие 2. Теоретические основы качественного анализа. Реакции обнаружения катионов IV – VI аналитических групп.

Занятие 3. Пробоотбор и пробоподготовка в фармацевтическом анализе. Анализ смеси катионов I – VI аналитических групп.

Занятие 4. Методы разделения и концентрирования. Применение жидкость-жидкостной экстракции для разделения веществ.

Занятие 5. Химическое равновесие. Реакции обнаружения анионов I – III аналитических групп.

Занятие 6. Протолитические равновесия (часть 1). Анализ смеси анионов.

Занятие 7. Протолитические равновесия (часть 2). Идентификация неизвестного неорганического вещества.

Занятие 8. Контрольная работа № 1 по темам занятий 1-7. Приготовление буферных растворов с различным значением pH и ионной силы.

Занятие 9. Общая характеристика титриметрических методов анализа. Проверка вместимости мерной посуды.

Занятие 10. Кислотно-основное титрование (часть 1). Приготовление и стандартизация растворов титрантов.

Занятие 11. Кислотно-основное титрование (часть 2). Анализ смеси гидрокарбоната и карбоната натрия.

Занятие 12. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Определение хлорида аммония способом обратного титрования.

Занятие 13. Равновесия осадок-раствор. Осадительное титрование. Аргентометрическое определение йодида калия.

Занятие 14. Контрольная работа № 2 по темам занятий 9-13. Определение хлороводородной и борной кислот в растворе.

Занятие 15. Равновесия комплексообразования. Органические реагенты в химическом анализе. Комплексометрия. Комплексометрическое определение сульфата цинка.

Занятие 16. Комплексометрическое титрование. Комплексометрическое определение хлорида кальция.

Занятие 17. Гравиметрический метод анализа (часть 1). Определение сульфата магния в кристаллогидрате.

Занятие 18. Гравиметрический метод анализа (часть 2). Статистическая обработка и представление результатов анализа.

Занятие 19. Окислительно-восстановительные равновесия. Приготовление растворов титрантов ОВТ.

Занятие 20. Основы окислительно-восстановительного титрования. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. Йодометрическое определение аскорбиновой кислоты.

Занятие 21. Окислительно-восстановительное титрование (часть 1). Нитритометрическое определение новокаина.

Занятие 22. Окислительно-восстановительное титрование (часть 2). Перманганатометрическое определение пероксида водорода.

Занятие 23. Контрольная работа № 3 по темам занятий 15-22. Дихроматометрическое определение Fe (II).

Занятие 24. Общая характеристика инструментальных методов анализа. Способы расчета концентрации вещества по величине аналитического сигнала. Фотометрическое определение цианокобаламина.

Занятие 25. Абсорбционные спектрометрические методы анализа. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Фотометрическое определение железа (III).

Занятие 26. Абсорбционные спектрометрические методы анализа. Молекулярно-абсорбционная спектрометрия. УФ-спектрофотометрическое определение новокаина.

Занятие 27. Эмиссионные спектрометрические методы анализа. Атомно-эмиссионная спектрометрия. Флуориметрическое определение алюминия по реакции с морином.

Занятие 28. Люминесцентные методы анализа. Флуориметрическое определение рибофлавина.

Занятие 29. Контрольная работа № 4 по темам занятий 24-28. Фотометрическое определение этония.

Занятие 30. Хроматографические методы анализа: общая характеристика. Применение тонкослойной хроматографии в качественном анализе.

Занятие 31. Газовая хроматография. Газохроматографический анализ органических веществ.

Занятие 32. Жидкостная хроматография (Часть 1). Хроматофотометрическое определение аминазина.

Занятие 33. Жидкостная хроматография. (Часть 2). Анализ лекарственных средств методом ВЭЖХ.

Занятие 34. Общая характеристика и классификация электрохимических методов анализа. Кондуктометрия. Кулонометрия. Кондуктометрическое титрование смеси кислот.

Занятие 35. Потенциометрический метод анализа. Вольтамперометрический метод анализа. Определение фосфата и гидрофосфата натрия методом потенциометрического титрования.

Занятие 36. Экзаменационное тестирование. Ионообменное определение натрия хлорида с кондуктометрическим детектированием.

Занятие 37. Экзамен по практическим навыкам.