

# МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по высшему медицинскому,  
фармацевтическому образованию

## УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель  
Министра здравоохранения  
Республики Беларусь,  
председатель Учебно-методического  
объединения по высшему  
медицинскому фармацевтическому  
образованию

Е.Н.Кроткова

2024

Регистрационный №УПД-091-094пр./

## ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности  
7-07-0912-01 «Фармация»

### СОГЛАСОВАНО

Ректор учреждения образования  
«Витебский государственный ордена  
Дружбы народов медицинский  
университет»



### СОГЛАСОВАНО

Начальник главного управления  
организационно-кадровой работы и  
профессионального образования  
Министерства здравоохранения  
Республики Беларусь

О.Н.Колюпанова



**УО «ВГМУ» РАБОЧИЙ ЭКЗЕМПЛЯР**

Копия № 3

Верно Искр

Дата 27.06.2024

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Минск 2024

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

З.С.Кунцевич, заведующий кафедрой общей и органической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», доктор педагогических наук, профессор;

А.Е.Бедарик, старший преподаватель кафедры общей и органической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра общей химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»;

В.П.Баран, заведующий кафедрой химии учреждения образования «Витебская государственная ордена «Знак почета» академия ветеринарной медицины», кандидат биологических наук, доцент

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

Кафедрой общей и органической химии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол №7 от 04.01.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 6 от 25.01.2024);

Научно-методическим советом по фармации Учебно-методического объединения по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию (протокол № 3 от 12.03.2024)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Физическая и коллоидная химия» – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания о свойствах различных систем и закономерностях протекания в них физико-химических процессов.

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Физическая и коллоидная химия» разработана в соответствии с образовательным стандартом специального высшего образования по специальности 7-07-0912-01 «Фармация», утвержденным и введенным в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 01.09.2023 № 302/127; примерным учебным планом по специальности 7-07-0912-01 «Фармация» (регистрационный № 7-07-09-007/пр.), утвержденным заместителем Министра здравоохранения Республики Беларусь 17.01.2023, первым заместителем Министра образования Республики Беларусь 30.01.2023.

Цель учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия» – формирование базовой профессиональной компетенции для понимания основных закономерностей протекания различных физико-химических процессов.

Задачи учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия» состоят в формировании у студентов научных знаний об основных законах и теориях физической и коллоидной химии; умений и навыков, необходимых для проведения химического эксперимента и решения практических задач в профессиональной деятельности.

Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия», необходимы для успешного изучения следующих модулей: «Фармацевтическая технология», «Фармацевтическая химия и фармакогнозия».

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины, должен обладать следующей базовой профессиональной компетенцией: применять знания об основных физических, химических и биологических закономерностях для разработки и контроля качества лекарственных средств и лекарственного растительного сырья.

В рамках образовательного процесса по 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 отведено 220 академических часов, из них 127 аудиторных и 93 часа самостоятельной работы студента.

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

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий	
		лекции	лабораторные
<b>1. Физическая химия</b>	<b>87</b>	<b>12</b>	<b>75</b>
1.1. Основные понятия и законы химической термодинамики. Термодинамика химического равновесия	20	2	18
1.2. Фазовые равновесия	17	2	15
1.3. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов и электролитов	8	2	6
1.4. Электрохимия	14	2	12
1.5. Кинетика химических реакций и катализ	17	2	15
1.6. Физико-химические основы поверхностных явлений	11	2	9
<b>2. Коллоидная химия</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
2.1. Дисперсные системы. Получение, очистка, свойства, устойчивость и коагуляция коллоидных растворов	17	2	15
2.2. Разные классы дисперсных систем	10	1	9
2.3. Высокомолекулярные соединения и их растворы	13	1	12
<b>Всего часов</b>	<b>127</b>	<b>16</b>	<b>111</b>

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## 1. Физическая химия

### 1.1. Основные понятия и законы химической термодинамики.

#### Термодинамика химического равновесия

История развития физической химии. Место физической химии среди других наук и ее значение в развитии фармации.

Методы термодинамики, основные понятия и определения: системы, состояние системы, процессы, функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия системы. Работа. Теплота.

Первый закон термодинамики. Формулировки и математическое выражение 1-го закона термодинамики. Энтальпия. Изохорная и изобарная теплоты процесса и взаимосвязь между ними. Закон Гесса. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии образования и сгорания веществ и их использование в термохимических расчетах. Теплоты нейтрализации, растворения, гидратации. Энтальпийные диаграммы. Зависимость теплоты процесса от температуры. Уравнение Кирхгофа.

Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые в термодинамическом смысле процессы. Формулировки и математическое выражение 2-го закона термодинамики. Максимальная работа процесса. Полезная работа. Энтропия. Изменение энтропии в изолированных системах, при изотермических процессах и изменении температуры. Статистический характер второго начала термодинамики. Связь энтропии с термодинамической вероятностью состояния системы. Уравнение Больцмана.

Третий закон термодинамики. Абсолютная энтропия. Стандартная энтропия твердых, жидких и газообразных веществ. Использование стандартных энтропий для расчета изменения энтропии реакции.

Термодинамические потенциалы. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса и связь между ними. Изменение энергии Гельмгольца и энергии Гиббса в самопроизвольных процессах. Понятие о химическом потенциале.

Термодинамические характеристики состояния химического равновесия. Константа химического равновесия и способы ее выражения. Уравнение изотермы химической реакции. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Следствия, вытекающие из этих уравнений и их связь с принципом Ле-Шателье-Брауна. Расчет константы химического равновесия с помощью таблиц термодинамических величин.

### 1.2. Фазовые равновесия

Основные понятия: гомогенная и гетерогенная системы, фаза, составляющие вещества, компоненты. Число независимых компонентов и число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Фазовые превращения и равновесия: испарение, сублимация, плавление, изменение аллотропной модификации. Уравнения Клапейрона и Клапейрона-Клаузиуса и их связь с принципом Ле-Шателье-Брауна.

Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды как пример диаграмм состояния однокомпонентных систем.

Двухкомпонентные (бинарные) системы. Понятие о физико-химическом анализе, его применение для изучения лекарственных форм. Термический анализ. Кривые охлаждения. Диаграмма плавкости бинарных систем с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и взаимной нерастворимостью в твердом состоянии. Использование правила фаз Гиббса для анализа диаграмм состояния.

Растворимость жидкостей в жидкостях. Идеальные и реальные растворы. Давление насыщенного пара над раствором. Закон Рауля. Типы диаграмм «давление пара – состав», «температура кипения – состав». Первый закон Коновалова. Отклонения от закона Рауля. Азеотропы. Второй закон Коновалова. Простая и фракционная перегонка. Понятие о ректификации. Ограниченно растворимые жидкости. Верхняя и нижняя критические температуры растворения. Взаимонерастворимые жидкости. Теоретические основы перегонки с водяным паром.

Трехкомпонентные системы. Закон распределения Нернста. Коэффициент распределения. Экстракция. Принципы получения настоек, отваров.

### **1.3. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов и электролитов**

Коллигативные свойства растворов: относительное понижение давления насыщенного пара раствора, понижение температуры замерзания, повышение температуры кипения и осмотическое давление разбавленных растворов неэлектролитов. Криоскопическая и эбулиоскопическая константы и их связь с теплотой кипения и плавления растворителя.

Коллигативные свойства растворов электролитов. Изотонический коэффициент.

Криометрический, эбулиометрический и осмометрический методы определения молярных масс, изотонического коэффициента.

Растворимость газов в жидкостях. Термодинамика растворения. Закон Генри. Уравнение Сеченова.

Теория растворов сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Понятие об ионной атмосфере. Активность ионов и ее связь с концентрацией. Коэффициент активности. Ионная сила раствора. Предельный закон Дебая-Хюккеля.

Ионизация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель.

Буферные системы и растворы. Состав, механизм действия и расчет рН ацетатного, фосфатного, аммиачного, гидрокарбонатного и гемоглобинового буферных растворов. Буферная емкость и факторы, от которых зависит ее величина. Значение буферных систем для химии и биологии.

### **1.4. Электрохимия**

Определение понятия «электрическая проводимость». Проводники первого и второго рода. Удельная и молярная электрические проводимости растворов электролитов и факторы, влияющие на их величину. Молярная электропроводность при бесконечном разведении. Скорость движения и подвижность ионов. Закон Кольрауша (закон независимого движения ионов). Электропроводность неводных растворов.

Кондуктометрия, кондуктометрическое определение степени и константы ионизации слабого электролита, коэффициента электропроводности сильного электролита, растворимости плохо растворимых электролитов. Кондуктометрическое титрование.

Электродные потенциалы. Механизм возникновения двойного электрического слоя на границе «металл-раствор». Уравнение Нернста. Стандартные электродные потенциалы. Классификация электродов. Стандартный водородный электрод. Хлорсеребряный электрод как представитель электродов второго рода. Окислительно-восстановительные электроды и механизм возникновения потенциалы на них. Уравнение Нернста-Петерса. Стандартный и формальный окислительно-восстановительный потенциал биологических окислительно-восстановительных систем. Ионоселективные электроды. Стеклянный электрод.

Гальванические элементы: химические и концентрационные. Расчет электродвижущей силы гальванических элементов.

Потенциометрия, потенциометрический метод измерения pH. Потенциометрическое титрование. Применение метода потенциометрии в биологии, медицине и фармации.

### **1.5. Кинетика химических реакций и катализ**

Химическая кинетика, ее значение для фармации, основные понятия: простые и сложные, гомогенные и гетерогенные реакции. Скорость химических реакций и методы ее определения. Зависимость скорости реакции от различных факторов. Закон действующих масс. Порядок и молекулярность реакции. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого и второго порядков. Период полупревращения. Методы определения порядка реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент скорости реакции. Ускоренные методы определения сроков годности лекарственных препаратов. Уравнение Аррениуса. Основы теории активных соударений. Энергия активации. Связь между скоростью реакции и энергией активации. Стерический фактор. Методы определения энергии активации. Понятие о теории переходного состояния (активированного комплекса).

Сложные реакции: обратимые, параллельные, последовательные, сопряженные. Превращения лекарственного вещества в живом организме как совокупность последовательных процессов, константа всасывания и константа элиминации. Цепные реакции. Стадии цепной реакции. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции. Фотохимические реакции. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна.

Особенности гетерогенных реакций. Скорость гетерогенных реакций. Кинетическая и диффузионная области гетерогенных процессов. Факторы, определяющие скорость гетерогенных реакций.

Катализ. Положительный и отрицательный, гомогенный и гетерогенный катализ. Механизм действия катализатора при гомогенном катализе. Энергия активации каталитических реакций. Кислотно-основной катализ в растворах.

Металлокомплексный катализ. Ферментативный катализ и особенности ферментов, как катализаторов. Торможение химических реакций. Ингибиторы.

### **1.6. Физико-химические основы поверхностных явлений**

Поверхностные явления и их значение в фармации. Поверхностная энергия Гиббса и поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения. Зависимость поверхностного натяжения от различных факторов. Поверхностная активность. Поверхностно-активные (ПАВ), поверхностно-инактивные (ПИВ) и поверхностно-неактивные вещества (ПНВ). Правило Дюкло-Траубе. Изотерма поверхностного натяжения. Уравнение Шишковского.

Определение понятия «смачивание». Краевой угол смачивания. Уравнение Юнга. Энтальпия смачивания и коэффициент гидрофильности.

Адсорбция на подвижных границах раздела фаз («жидкость-газ», «жидкость-жидкость»). Уравнение изотермы адсорбции Гиббса. Ориентация молекул ПАВ в поверхностном слое. Определение площади, занимаемой молекулой ПАВ в насыщенном адсорбционном слое, и максимальной длины молекулы ПАВ.

Адсорбция на твердых адсорбентах. Измерение адсорбции на границах раздела «твердое тело-газ» и «твердое тело-жидкость». Факторы, влияющие на адсорбцию газов и растворенных веществ. Основные положения теории мономолекулярной адсорбции и уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра. Уравнение изотермы адсорбции Фрейндлиха. Определение постоянных в уравнениях Ленгмюра и Фрейндлиха по экспериментальным данным. Полимолекулярная адсорбция. Капиллярная конденсация, абсорбция, хемосорбция.

Адсорбция электролитов из растворов. Эквивалентная и избирательная адсорбция ионов. Правило Панета-Фаянса. Ионообменная адсорбция. Иониты и их классификация. Обменная емкость. Применение ионитов в фармации.

Понятие о хроматографии.

## **2. Коллоидная химия**

### **2.1. Дисперсные системы. Получение, очистка, свойства, устойчивость и коагуляция коллоидных растворов**

История развития коллоидной химии. Значение коллоидной химии в фармации.

Структура дисперсных систем. Дисперсная фаза, дисперсная среда. Степень дисперсности.

Классификации дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по характеру взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой, по подвижности дисперсной фазы.

Методы получения и очистки коллоидных растворов (фильтрация, диализ, электродиализ, ультрафильтрация).

Броуновское движение, диффузия, осмотическое давление. Седиментация. Седиментационная устойчивость и седиментационное равновесие. Центрифуга и ее применение для исследования коллоидных систем. Седиментационный анализ.



Рассеивание и поглощение света. Уравнение Рэлея. Нефелометрия. Ультрамикроскопия и электронная микроскопия коллоидных систем. Определение формы, размеров и массы коллоидных частиц.

Природа электрических явлений в дисперсных системах. Механизм возникновения электрического заряда коллоидных частиц. Строение двойного электрического слоя. Мицелла, строение мицеллы золя. Заряд, электротермодинамический и электрокинетический потенциал коллоидной частицы. Влияние электролитов на электрокинетический потенциал. Явление перезарядки коллоидных частиц.

Электрокинетические явления. Электрофорез. Электроосмос. Связь скорости электрофореза коллоидных частиц и электроосмоса с электрокинетическим потенциалом коллоидных частиц (уравнение Гельмгольца-Смолуховского). Электрофоретическая подвижность. Применение электрофореза и электроосмоса в фармации. Потенциал седиментации и потенциал протекания.

Кинетическая и агрегативная устойчивость коллоидных систем. Факторы устойчивости. Коагуляция и факторы, ее вызывающие. Медленная и быстрая коагуляция. Порог коагуляции и его определение. Правило Шульце-Гарди. Чередование зон коагуляции. Коагуляция золью смесями электролитов. Аддитивность, антагонизм и синергизм ионов при коагуляции смесями электролитов. Коллоидная защита.

Теории коагуляции. Адсорбционная теория Фрейндлиха. Теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека.

## **2.2. Разные классы дисперсных систем**

Аэрозоли: методы получения, молекулярно-кинетические, оптические и электрокинетические свойства. Агрегативная устойчивость аэрозолей и факторы, ее определяющие. Разрушение аэрозолей. Применение аэрозолей в фармации.

Порошки и их свойства. Слеживаемость, гранулирование и распыляемость порошков. Применение порошков в фармации.

Суспензии: методы получения, молекулярно-кинетические, оптические и электрокинетические свойства. Устойчивость суспензий и определяющие ее факторы. Флокуляция. Седиментационный анализ суспензий. Пены. Пасты.

Эмульсии. Типы эмульсий. Методы получения. Эмульгаторы и механизм их действия. Обращение фаз эмульсий. Устойчивость эмульсий и ее нарушение. Факторы устойчивости эмульсий. Коалесценция. Свойства концентрированных и высококонцентрированных эмульсий. Применение суспензий и эмульсий в фармации.

Мицеллярные коллоидные системы, образованные ПАВ: растворы мыл, детергентов, красителей. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования и ее определение. Солюбилизация и ее значение в фармации. Мицеллярные коллоидные системы в фармации.

## **2.3. Высокомолекулярные соединения и их растворы**

Методы получения высокомолекулярных соединений (ВМС). Классификация ВМС. Гибкость цепи полимеров, внутреннее вращение звеньев в макромолекулах ВМС. Кристаллическое и аморфное состояние ВМС.

Набухание и растворение ВМС. Механизм набухания ВМС. Термодинамика набухания и растворения ВМС. Влияние различных факторов на степень набухания ВМС. Лиотропные ряды ионов.

Вязкость растворов ВМС. Отклонение свойств растворов ВМС от законов Ньютона и Пуазейля. Причины аномальной вязкости растворов полимеров. Относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Уравнение Штаудингера и его модификация. Определение молярной массы полимера вискозиметрическим методом.

Полимерные неэлектролиты и полиэлектролиты. Полиамфолиты. Изоэлектрическая точка полиамфолитов и методы ее определения.

Осмотические свойства растворов ВМС. Осмотическое давление растворов полимерных неэлектролитов. Отклонение от закона Вант-Гоффа. Уравнение Галлера. Определение молярной массы полимерных неэлектролитов. Полиэлектролиты. Осмотическое давление растворов полиэлектролитов. Мембранное равновесие Доннана.

Факторы устойчивости растворов ВМС. Высаливание, пороги высаливания. Зависимость порогов высаливания полиамфолитов от рН среды. Коацервация. Микрокоацервация и ее биологическое значение. Микрокапсулирование. Застудневание. Влияние различных факторов на скорость застудневания. Тиксотропия студней и гелей. Синерезис студней. Диффузия и периодические реакции в студнях и гелях.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Литература

#### Основная:

1. Беляев, А. П. Физическая и коллоидная химия : учебник / А. П. Беляев, В. И. Кучук ; под ред. А. П. Беляева ; М-во науки и высш. образования РФ. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 805 с.

#### Дополнительная:

2. Беляев, А. П. Физическая и коллоидная химия: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования, обучающихся по специальности «Фармация» по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» / А. П. Беляев, В. И. Кучук; под ред. А. П. Беляева ; М-во образования и науки РФ. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 751 с.

3. Ершов, Ю. А. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем : учеб. для студентов мед. вузов / Ю. А. Ершов ; М-во образования и науки РФ. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 351 с.: ил.

4. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учеб. для студентов мед., биол., агрон., ветеринар., экол. вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд ; под ред. Ю. А. Ершова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2014. – 559 с.

5. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – 7-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 410 с.

6. Литвинова, Т. Н. Общая химия: задачи с медико-биологической направленностью / Т. Н. Литвинова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2014. – 319 с.

### Примерный перечень результатов обучения

В результате изучения учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия» студент должен

#### знать:

основные понятия и законы физической и коллоидной химии;  
роль и значение методов физической и коллоидной химии в фармации;  
основы химической термодинамики, химического и фазовых равновесий;  
свойства растворов неэлектролитов и электролитов;  
электрохимические процессы и методы, применяемые в медицине и фармации;

основы химической кинетики и катализа;  
возможности использования адсорбции и других поверхностных явлений в фармации;

свойства коллоидных растворов;  
дисперсные системы, являющиеся лекарственными формами;  
методы получения и использование высокомолекулярных соединений в фармации;

#### уметь:

работать с основными приборами, используемыми в физической и коллоидной химии;

обрабатывать, анализировать и обобщать результаты физико-химических наблюдений и измерений;

**владеть:**

основами техники безопасности и основными приемами и методами проведения физико-химических измерений;

навыками приготовления буферных и коллоидных растворов, растворов высокомолекулярных соединений.

**Примерный перечень практических навыков**

1. Определение теплоты растворения соли (или другого процесса).
2. Определение константы равновесия гомогенной реакции.
3. Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы.
4. Приготовление буферных растворов с заданным значением рН.
5. Определение буферной емкости приготовленного буферного раствора по кислоте и по основанию.
6. Кондуктометрическое титрование сильной и слабой кислот и их смеси.
7. Измерение рН раствора потенциометрическим методом.
8. Потенциометрическое титрование сильной и слабой кислот.
9. Определение потенциала окислительно-восстановительного электрода.
10. Определение константы скорости реакции.
11. Получение и определение порогов коагуляции золей.
12. Приготовление эмульсий и определение их типа.