

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**Б1.В.11**  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физическая химия**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

направленность (профиль)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

Форма обучения: заочная

Год набора: 2020

Общая трудоёмкость: 14 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	Курс 3, Сессия 2	Курс 3, Сессия 3	Итого
Форма контроля	Зачет	Экзамен	
Вид занятий			
Лекции	4	4	8
Лабораторные	4	4	8
Практические			
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР			
Промежуточная аттестация	0,25	0,35	0,6
Контактная работа	8,25	8,35	16,6
Самостоятельная работа	204	271	475
Контроль	3,75	8,65	12,4
<b>Итого</b>	<b>216</b>	<b>288</b>	<b>504</b>

Рабочую программу составил:

проф, проф., д.х.н. Остапенко Г.И.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

---

Срок действия рабочей программы дисциплины до «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой Химическая технология и ресурсосбережение

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

(подпись)

М.В. Кравцова

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДЕНО

На заседании Центра медицинской химии

(протокол заседания № 3 от «19» сентября 2019 г.).

### 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов профессиональных знаний для объяснения основных закономерностей, определяющих направленность химических процессов, скорость их протекания, влияние на них среды, примесей и внешних физических воздействий, условия получения максимального выхода необходимых продуктов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Высшая математика; Физика; Общая и неорганическая химия; Органическая химия; Аналитическая химия.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Технологии переработки и утилизации отходов; Энергоресурсосберегающие технологии; Технологии очистки сточных вод; Хроматографические методы анализа; Альтернативные источники энергии.

### 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2. Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Использует основные законы физической химии в профессиональной деятельности, применяет методы теоретического и экспериментального исследования	Знать: основные законы физической химии, основные методы теоретического и экспериментального исследования
		Уметь: использовать основные законы физической химии, основные методы теоретического и экспериментального исследования
		Владеть: методами использования основных законов физической химии, основных методов теоретического и экспериментального исследования
ОПК-3. Способность использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы.	Использует основные законы и количественные закономерности физической химии для понимания окружающего мира и явлений природы.	Знать: основные законы и количественные закономерности физической химии для понимания окружающего мира и явлений природы.
		Уметь: использовать основные законы и количественные закономерности физической химии для понимания окружающего мира и явлений природы.
		Владеть: методами использования основных законов и количественных закономерностей физической химии для понимания

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		окружающего мира и явлений природы.
ПК-15. Способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты.	Готов планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Знать: основные методы экспериментальных исследований, получения, обработки и анализа полученных результатов
		Уметь: использовать основные методы экспериментальных исследований, получения, обработки и анализа полученных результатов
		Владеть: методами экспериментальных исследований, получения, обработки и анализа полученных результатов

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
<b>Курс 3, сессия 2. Химическая термодинамика. Растворы</b>							
Модуль 1. Химическая термодинамика	Самостоятельная работа (СР)	<i>Основные положения химической термодинамики.</i> Химическая термодинамика и ее отличия от общей и технической термодинамики. Термодинамическая система и ее параметры. Термодинамические процессы. Работа в изотермическом процессе, равновесные (обратимые) и неравновесные (необратимые) процессы. Теплота и работа. Внутренняя энергия и энтальпия.	6	12	—	—	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 1
		<i>Первое начало термодинамики.</i> Основные понятия и формулировки, первое начало термодинамики для процессов в идеальном газе. Теплоемкость.		10	—	—	
		<i>Термохимия, тепловые эффекты химических реакций.</i> Закон Гесса. Определение тепловых эффектов по теплоте образования и теплоте сгорания. Зависимость теплового эффекта от температуры, закон Кирхгофа.		10	—	—	
		Лабораторная работа № 1: Термохимия (калориметрический опыт).		2	5	—	
		<i>Второе начало термодинамики.</i> Критерии самопроизвольности процессов в изолированных системах, энтропия как основной из них. Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Статистический смысл понятия энтропии, термодинамическая вероятность и формула Больцмана. Третье		22	—	—	

		начало термодинамики, постулат Планка. Расчет энтропии.					
		<i>Процессы в неизолированных системах.</i> Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Критерии равновесных и самопроизвольных процессов. Максимальная работа в изохорно-изотермическом и изобарно-изотермическом процессах. Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Зависимость энергий Гиббса и Гельмгольца от температуры, уравнения Гиббса – Гельмгольца.		24	–	–	
		<i>Химическое равновесие.</i> Химический потенциал идеального газа. Химический потенциал реального газа, фугитивность. Активность и коэффициент активности. Константа равновесия химической реакции. Изотерма химической реакции. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Смещение химического равновесия и принцип Ле Шателье – Брауна.		22	–	–	
		<i>Основы статистической термодинамики.</i> Элементы статистической термодинамики. Сумма по состояниям. Зависимость термодинамических функций от суммы по состояниям.		10	–	–	
		<i>Фазовое равновесие.</i> Основные понятия и определения, условия равновесия компонента в двух фазах гетерогенной системы. Основной закон фазового равновесия, правило фаз Гиббса. Тепловые эффекты фазовых переходов, уравнение Клаузиуса – Клапейрона. Диаграмма состояния гетерогенной однокомпонентной системы, диаграмма состояния воды.		20	–	–	

		<p><i>Диаграммы состояния двухкомпонентных систем, физико – химический и термический анализы. Системы с эвтектикой. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями, правило рычага. Системы с твердыми растворами с неограниченной и ограниченной растворимостью. Системы с ограниченной растворимостью в жидкой фазе.</i></p>		10	—	—	
		<p><i>Диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Графическое изображение состава трехкомпонентной системы. Трехкомпонентные жидкие системы. Системы с тройной эвтектикой.</i></p>		8	—	—	
Модуль 2. Растворы	Самостоятельная работа (СР)	<p><i>Общие закономерности. Основные понятия и определения. Выражения концентрации растворов. Идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы. Парциальные молярные величины. Нахождение парциальных молярных величин. Описание свойств неидеальных растворов. Уравнение Гиббса – Дюгема.</i></p>	8	20	—	—	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 1
		<p>Лабораторная работа № 2: Определение энтальпии растворения вещества</p>		2	5		
		<p><i>Давление паров компонентов над раствором. Давление паров над идеальным раствором, закон Рауля. Давление паров над предельно разбавленным раствором, закон Генри. Давление паров над неидеальным раствором.</i></p>		10			
		<p><i>Химическое равновесие в растворах. Растворимость твердых веществ. Равновесие расплава с твердым веществом. Понижение температуры</i></p>		8			

		замерзания и повышение температуры кипения растворов. Осмос и осмотическое давление. Закон распределения Нернста. Экстракция. Перегонка с водяным паром.					
		<i>Термодинамика жидких летучих смесей.</i> Общее давление пара над летучей смесью. Законы Гиббса – Коновалова. Общее давление пара над идеальной и неидеальной летучей смесью.		8	–	–	–
		<i>Разделение жидких летучих смесей.</i> Диаграммы состояния летучих смесей. Испарение жидких летучих смесей. Дробная перегонка смеси без азеотропа и с азеотропом. Ректификация.		10			
Промежуточная аттестация		Подготовка к итоговому тестированию (зачету)		3,75	-	-	
	Промежуточная аттестация (ПА)	Промежуточная аттестация (зачет)		0,25	-	-	БТЗ Физическая химия 1
	Итоговый тест по курсу	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 1		2	100	-	Вопросы к промежуточной аттестации (Курс 4, сессия 2)
<b>Курс 3, сессия 3. Кинетика. Электрохимия</b>							
Модуль 3. Кинетика	Самостоятельная работа (СР)	<i>Основные понятия химической кинетики.</i> Предмет изучения химической кинетики. Скорость химических реакций. Молекулярность химических реакций. Закон действующих масс. Порядок химической реакции.	6		–	–	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 2
		Лабораторная работа №3: Определение скорости химических реакций	6	2	5	–	
		<i>Формальная кинетика</i> Кинетические уравнения реакций первого, второго и третьего порядка. Экспериментальное определение порядка реакций: графический метод, по времени полупревращения и по методу избытка реагента.	6		–	–	



		<i>Теоретические представления химической кинетики. Элементарный акт реакции и энергия активации. Активированный комплекс. Основы теории активированного комплекса. Стерический или пространственный фактор.</i>	6		—	—	
		<i>Кинетика сложных химических реакций. Обратимые, последовательные, параллельные и сопряженные реакции. Цепные реакции. Кинетика цепных реакций. Нетермические химические реакции. Фотохимические реакции. Кинетика гетерогенных процессов. Кинетика топочимических реакций.</i>	6		—	—	
		<i>Катализ. Катализаторы и каталитические реакции, общие понятия. Виды катализа: _кисотно-основный, окислительно-восстановительный и ферментативный катализ. Механизм каталитических реакций: степень компенсации, слитный и стадийный механизм. Скорость каталитических реакций, активность катализатора, скорость ферментативных каталитических реакций. Кислотно-основный катализ и его скорость.</i>	6		—	—	
		<i>Гетерогенный катализ. Гетерогенные катализаторы, стадии гетерогенного катализа. Физическая и химическая адсорбция. Изотермы адсорбции, изотерма Генри и Ленгмюра. Основы теории гетерогенного катализа, теории геометрического и энергетического соответствия, активных ансамблей и электронная теория.</i>	6		—	—	
		Лабораторная работа №4: Каталитическое разложение пероксида водорода.	6	2	5	—	

Модуль 4. Электрохимия	Самостоятельная работа (СР)	Термодинамика растворов электролитов. Электролитическая диссоциация, сольватация и гидратация ионов. Сильные и слабые электролиты, свойства растворов слабых электролитов, константа и степень диссоциации. Изотонический коэффициент и коллективные свойства растворов. Средняя активность и ионная сила электролитов. Основы электростатической теории растворов сильных электролитов.	6		—	—	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 2
		Неравновесные явления в электролитах, электропроводность растворов электролитов. Удельная и молярная электропроводность, подвижность ионов. Зависимость электропроводности от концентрации, основы теории электропроводности Онсагера. Электропроводность растворов с ионами гидроксония и гидроксида, электропроводность неводных, расплавленных и твердых электролитов. Числа переноса, законы Фарадея. Кондуктометрия.	6		—	—	
		Равновесные электродные процессы. Основные понятия: электрохимические системы, электродные полуреакции, обратимые и необратимые электроды, запись электродов и систем. Э.д.с. электрохимической системы, электродный потенциал. Возникновение скачка потенциала на границе раствор – металл и раствор – раствор. Двойной электрический слой на границе металл – раствор. Термодинамика обратимых электрохимических систем, уравнение Нернста. Классификация обратимых электродов, электроды первого и второго рода, газо-			—	—	

		вые электроды. Окислительно – восстановительные и ионообменные электроды. Потенциометрия. Электрохимические цепи. Устойчивость водных электрохимических цепей, диаграмма Пурбе.					
		<i>Практическое использование электрохимических систем.</i> Химические источники тока, элементы и аккумуляторы. Химические источники тока с неводными и твердыми электролитами, топливные элементы. Электролиз и его применения.	6		–	–	
		<i>Электрохимическая кинетика.</i> Электродная поляризация. Диффузионное перенапряжение. Электрохимическое и фазовое перенапряжение.	6		–	–	
Промежуточная аттестация		Подготовка к итоговому тестированию (экзамену)		8,65	–	–	–
	Промежуточная аттестация (ПА)	Промежуточная аттестация (экзамен)		0,25	–	–	БТЗ Физическая химия 2
	Итоговый тест по курсу	Итоговое тестирование за курс Физическая химия 2		2	100	–	Вопросы к промежуточной аттестации (Курс 4, сессия 3)

**Схема расчета итогового балла за сессию:** сумма баллов по лабораторным работам (10 баллов) + баллы за итоговую аттестацию за сессию.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации дисциплины используется технология дистанционного образования. Оценивание знаний студентов производится по балльно-рейтинговой системе.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

### **Курс 4, сессия 2. Курс «Физическая химия 1»**

#### **Модуль 1. Термодинамика**

##### **Темы лекционных занятий:**

Вводная лекция по химической термодинамике.

##### **Темы лабораторных занятий:**

Методы статистической обработки экспериментальных результатов.

##### **Изучив данный модуль, студент должен:**

иметь представление об основных понятиях и законах химической термодинамики, частности, о первом и втором началах термодинамики и использовании их при решении практических задач, о фазовом равновесии в химических системах и диаграммах состояния двух- и трехкомпонентных систем, о термодинамике жидких летучих систем и разделении растворов на компоненты.

##### **знать:**

- основные понятия и определения термодинамики (предмет изучения, типы термодинамических систем и процессов, понятие теплоты и работы, внутренней энергии и энтальпии, удельной и молярной теплоемкости);
- формулировки первого начала термодинамики и его применения для изопроцессов;
- закон Гесса и его применение для расчетов теплового эффекта реакций;
- второе начало термодинамики в изолированных и неизолированных системах;
- как по величине изменения энергии Гиббса и Гельмгольца определять возможность протекания процессов в неизолированных системах;
- как получить максимальную полезную работу в термодинамическом процессе;
- что такое химический потенциал и как с его помощью определять направление и пределы протекания физико-химических процессов;
- как рассчитывать изменение энергии Гиббса при протекании химических реакций;
- как внешние условия влияют на химические равновесия (принцип Ле Шателье);
- основные условия фазового равновесия и фазового перехода, правило фаз Гиббса;
- фазовые диаграммы двух- и трехкомпонентных систем.

##### **уметь:**

- определять возможность протекания химических реакций и фазовых переходов;
- проводить количественные расчеты при протекании химических реакций и фазовых переходов.

## **Методические рекомендации по изучению модуля**

При освоении модуля необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на основных понятиях и законах термодинамики и применении их для количественных расчетов при протекании химических реакций и других физико-химических процессов.
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Каковы предмет и общее содержание курса термодинамики?
  2. Какие бывают термодинамические системы?
  3. Что такое обратимы и необратимый процессы?
  4. Охарактеризуйте равновесный и неравновесный процессы.
  5. Что такое внутренняя энергия и энтальпия?
  6. Что такое молярная теплоемкость?
  7. Сформулируйте первое начало термодинамики для различных изопроцессов.
  8. Сформулируйте закон Гесса и следствия из него.
  9. Что такое энтропия и как она изменяется в различных процессах (второе начало термодинамики)?
  10. Каковы критерии самопроизвольного протекания физико-химических процессов в изолированных системах?
  11. Каковы такие критерии для неизолированных систем?
  12. Запишите основное уравнение технической термодинамики.
  13. Что такое термодинамическая вероятность и как она связана с энтропией?
  14. Как нужно проводить процесс в закрытых системах для получения максимальной полезной работы?
  15. Что такое характеристические функции и термодинамические потенциалы?
  16. Запишите основное уравнение химической термодинамики.
  17. Что такое химический потенциал и как он влияет на химические и фазовые равновесия?
  18. Что такое реальный газ и фугитивность?
  19. Выведите уравнение константы химического равновесия.
  20. Выведите уравнение изотермы химической реакции и поясните, для чего оно служит.
  21. Сформулируйте принцип Ле-Шателье и как он действует при изменении температуры, парциальных давлений компонентов и общего давления в системе.
  22. Что такое фаза и компонент.
  23. Каковы условия фазового равновесия и фазового перехода?
  24. Сформулируйте правило фаз Гиббса и поясните, для чего оно служит.
  25. От чего зависит величина теплового эффекта фазового перехода?
  26. Что такое эвтектика и эвтектический состав системы?
  27. Что такое конгруэнтное и инконгруэнтное плавление?
  28. Что такое перитектическая точка и чем она отличается от эвтектической?
  29. Что такое бинодальная кривая?

## **Модуль 2. Растворы**

### **Темы лекционных занятий:**

Вводная лекция по термодинамике растворов.

### **Темы лабораторных занятий:**

Методы графической обработки экспериментальных результатов.

**Изучив данный модуль, студент должен:**

иметь представление об основных теориях растворов, способах выражения состава растворов, об идеальных, предельно разбавленных и неидеальных растворах, парциальных молярных величинах и методах их нахождения, о взаимосвязи давления паров над раствором с составом раствора, о химическом равновесии в растворах, процессах экстракции, перегонки с водяным паром и методах разделения жидких летучих смесей.

**Знать:**

- основные понятия и определения термодинамики растворов (предмет изучения, основные разделы модуля, выражения концентрации растворов);
- основные свойства идеальных, предельно разбавленных и неидеальных растворов;
- как с помощью парциальных молярных величин задаются свойства неидеальных растворов;
- взаимосвязь состава пара над раствором с составом раствора (законы Рауля и Генри);
- зависимость растворимости веществ от температуры (уравнение Шредера);
- зависимость понижения температуры замерзания и повышения температуры кипения от концентрации раствора;
- закономерности распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями?
- зависимость общего давления паров над бинарным раствором от состава раствора (уравнение Дюгема-Маргулиса);
- законы Гиббса-Коновалова;
- диаграммы состояния жидких летучих смесей с азеотропом и без него;
- принципы разделения летучих смесей путем дробной перегонки и ректификации.

**уметь:**

- выражать состав раствора заданием различных видов концентрации;
- характеризовать идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы;
- находить парциальные молярные величины;
- рассчитывать давление паров над растворами;
- пользоваться диаграммами состояния летучих смесей.

**Методические рекомендации по изучению модуля**

При освоении модуля необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на методах использования диаграмм состояния летучих смесей для разделения этих смесей на компоненты;
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Что такое истинный раствор?
  2. Что такое сольватация и гидратация?
  3. Что такое молярная доля и молярное содержание?
  4. Охарактеризуйте идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы.
  5. Что такое парциальные молярные величины и для чего они служат?
  6. Как находить парциальные молярные величины?
  7. Какие параметры растворов связывает уравнение Гиббса-Дюгема?
  8. Сформулируйте законы Рауля и Генри.
  9. От чего и как зависит растворимость веществ?

10. Что такое криоскопическая и эбуллиоскопическая постоянные и что они характеризуют?
11. Что такое осмос и от чего зависит осмотическое давление?
12. Что такое коэффициент распределения Нернста?
13. В каком случае применяют перегонку с водяным паром?
14. Сформулируйте законы Гиббса-Коновалова. Что такое азеотропная смесь?
15. Изобразите графически, как зависит давление паров над бинарной идеальной, предельно разбавленной и неидеальной летучей смесью?
16. Можно ли разделить азеотропную смесь на компоненты?
17. Чем отличается ректификация от дробной перегонки?
18. Как осуществляется дробная перегонка летучих смесей?
19. Как осуществляется ректификация?

### **Курс 4, сессия 3. Курс «Физическая химия 1»**

#### **Модуль 3. Кинетика**

##### **Темы лекционных занятий:**

Вводная лекция по химической кинетике.

##### **Темы лабораторных занятий:**

Исследование кинетики термического разложения перманганата калия.

##### **Изучив данный модуль, студент должен:**

иметь представление об основных понятиях химической кинетики, частности, о скорости, молекулярности и порядке химической реакции, о кинетических уравнениях реакций различного порядка, об экспериментальных методах определения порядка реакции, о теоретических представлениях химической кинетики, в частности, об элементарном акте реакции и энергии активации, активированном комплексе, кинетике сложных реакций, о нетермических реакциях, основных закономерностях кинетики гетерогенных реакций, видах катализа, механизме и скорости каталитических реакций, о стадиях гетерогенного катализа, об адсорбции как одной из основных стадий, об основных теориях гетерогенного катализа.

##### **знать:**

- основные понятия и определения химической кинетики (скорость реакции, кинетические кривые, молекулярность и порядок реакции, закон действующих масс);
- основные закономерности формальной кинетики (кинетические уравнения реакций различного порядка, экспериментальные методы определения порядка реакции);
- основные теоретические представления химической кинетики (элементарный акт реакции и энергия активации, активированный комплекс, стерический фактор);
- основные типы сложных реакций (обратимые, параллельные, последовательные, сопряженные, автокаталитические и цепные реакции);
- типы нетермических реакций (фотохимические и радиационно-химические реакции);
- кинетические закономерности гетерогенных процессов и реакций (собственно гетерогенные реакции и их стадии, топохимические реакции);
- основные виды катализа;
- механизмы каталитических реакций;
- типы гетерогенных катализаторов;
- Основы теории гетерогенного катализа.

**уметь:**

- рассчитывать скорость реакций и строить кинетические кривые;
- проводить количественные расчеты скорости химических реакций;
- определять порядок реакции;
- выбирать катализатор для проведения реакций.

**Методические рекомендации по изучению модуля**

При освоении модуля необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на основных понятиях и законах химической кинетики и применении их для количественных расчетов скорости химических реакций.
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Что изучает химическая кинетика?
  2. Что такое скорость реакции?
  3. Чем определяется молекулярность реакции?
  4. Сформулируйте закон действующих масс. Что такое константа скорости реакции?
  5. Что такое порядок химической реакции?
  6. Что такое период полупревращения?
  7. Какие величины связывают кинетические уравнения?
  8. Запишите кинетические уравнения для реакций различного порядка.
  9. Охарактеризуйте экспериментальные методы определения порядка реакций.
  10. Что такое механизм реакции?
  11. Что такое элементарный акт реакции и энергия активации?
  12. Как скорость реакции зависит от температуры?
  13. Изобразите графически изменение энергии системы по мере протекания реакции.
  14. Что такое активированный комплекс?
  15. Запишите формулу Эйринга и поясните, что она описывает.
  16. Что такое стерический или пространственный фактор, что он характеризует и в каких пределах изменяется?
  17. Что такое двухсторонняя реакция?
  18. Изобразите графически кинетические кривые для различных сложных реакций.
  19. Что такое автокаталитические реакции?
  20. Что такое цепная реакция и какие их типы вы знаете?
  21. Сформулируйте законы фотохимии.
  22. Что такое квантовый выход фотохимической реакции?
  23. Что такое радиолиз?
  24. Чем перенос вещества за счет диффузии отличается от переноса за счет конвекции?
  25. Из каких стадий состоит гетерогенный процесс?
  26. Что такое топохимическая реакция?
  27. Что такое отрицательный катализ?
  28. Укажите катализаторы кислотно-основного катализа.
  29. Укажите типичные катализаторы для окислительно-восстановительного катализа.
  30. Что такое степень компенсации в катализе?
  31. Охарактеризуйте слитный и раздельный механизмы катализа.
  32. От чего зависит скорость каталитических реакций?
  33. Что такое промоторы?
  34. Укажите стадии гетерогенного катализа.



35. Что такое изотермы адсорбции и изобразите их графически.
36. Какую группу реакций описывают мультиплетная теория катализа и теория активных ансамблей?
37. Охарактеризуйте механизм катализа на полупроводниковых оксидных катализаторах.

#### **Модуль 4. Электрохимия**

##### **Темы лекционных занятий:**

Вводная лекция по электрохимии.

##### **Темы практических занятий:**

Темы практических занятий соответствуют темам лекционных занятий.

##### **Темы лабораторных занятий:**

Исследование электропроводности растворов электролитов.

##### **Изучив данный модуль, студент должен:**

иметь представление об электролитической диссоциации и ее механизме, о свойствах сильных и слабых электролитов, об основах электростатической теории растворов сильных электролитов, об удельной и молярной электропроводности, об основах теории электропроводности Онзагера, законах Фарадея для электролиза, о равновесных электродных процессах, в частности, о возникновении электродного потенциала и э.д.с. электрохимических систем, о типах и классификации электродов, об устойчивости электрохимических систем, о кинетике электродных процессов, о практическом использовании электрохимических систем, в частности, об основных типах химических источников энергии.

##### **знать:**

- основные понятия и определения электрохимии (электролит, степень и константа диссоциации, электрохимическая система, электрод, электродный потенциал, э.д.с. системы);
- причины и закономерности электролитической диссоциации;
- свойства сильных и слабых электролитов;
- основы электростатической теории растворов сильных электролитов;
- выражения для удельной и молярной электропроводности;
- основы теории электропроводности Онзагера;
- законы Фарадея;
- причины возникновения электродного потенциала;
- термодинамику электрохимических систем;
- основные типы и классификацию электродов;
- основы потенциометрии;
- методы составления электрохимических систем;
- основные типы электрохимических систем;
- принципы определения устойчивости электрохимических систем;
- основные понятия электрохимической кинетики: электродная поляризация, диффузионное, электрохимическое и фазовое перенапряжение;
- практические применения электрохимических систем: химические источники тока (элементы, свинцовый и литий-ионный аккумуляторы), топливные элементы, промышленный электролиз;

**уметь:**

- рассчитывать электропроводность растворов различного состава;
- составлять электрохимические системы и рассчитывать их э.д.с.;
- определять устойчивость электрохимических систем;
- осуществлять электрохимические методы анализа состава раствора.

**Методические рекомендации по изучению модуля**

При освоении модуля необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему модулю дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике;
- акцентировать внимание на основных понятиях и законах химической термодинамики и кинетики;
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Что изучает электрохимия?
  2. Что такое электролитическая диссоциация?
  3. Почему ионные кристаллы в воде диссоциируют, а в бензоле – нет?
  4. Что такое сольватация и гидратация ионов?
  5. Чем сильные электролиты отличаются от слабых?
  6. Запишите выражения для константы диссоциации для бинарного электролита.
  7. Что такое степень диссоциации?
  8. Перечислите коллективные свойства растворов. Что их объединяет?
  9. Что характеризует изотонический коэффициент? Чему он равен для сильных и слабых электролитов?
  10. Что такое средняя активность электролита?
  11. Что такое ионная атмосфера и как она образуется?
  12. Что объясняет электростатическая теория электролитов?
  13. Запишите предельный закон Дебая и Хюккеля для разбавленных электролитов.
  14. Что такое удельная электропроводность и от чего она зависит?
  15. Что такое молярная электропроводность?
  16. Что такое подвижность иона?
  17. Как молярная электропроводность связана с подвижностями ионов?
  18. В чем заключаются эффекты электрофоретического и релаксационного торможения?
  19. Запишите уравнения Онзагера для электропроводности электролита.
  20. Чем объясняется аномально высокая подвижность ионов водорода и гидроксида?
  21. Что такое высокотемпературные и низкотемпературные твердые электролиты? Каков механизм их проводимости?
  22. Что такое число переноса?
  23. Сформулируйте законы Фарадея для электролиза.
  24. Чем обратимые электроды отличаются от необратимых?
  25. Охарактеризуйте элемент Якоби-Даниэля.
  26. Чем электрохимический потенциал отличается от химического?
  27. Что такое э.д.с. электрохимической системы и от чего зависит ее величина?
  28. Как возникает диффузионный потенциал?
  29. Как устроен двойной электрический слой?
  30. Запишите уравнение Нернста для электродного потенциала.
  31. Какие типы электродов Вы знаете?
  32. Какие электроды и почему используются в качестве электродов сравнения?
  33. Как устроен хлор-серебряный электрод сравнения?
  34. Какие типы электрохимических систем Вы знаете?

35. На каком электроде электрохимической системы происходит окисление вещества, а на каком – восстановление?
36. От чего зависит устойчивость электрохимических систем?
37. Что такое перенапряжение?
38. Изобразите графически зависимости тока от перенапряжения при замедленности диффузии вещества в электролите и при замедленности собственно электрохимической реакции.
39. Какие типы промышленных электрохимических элементов Вы знаете?
40. Запишите электродные реакции при работе свинцового электрода.
41. Почему литиевые батареи и аккумуляторы готовят на основе неводных электролитов?
42. Запишите электродные реакции при работе источников тока с серебро- и литийпроводящим твердыми электролитами.
43. Как устроен литий-ионный аккумулятор?
44. Запишите электродные реакции при работе литий-ионного аккумулятора.
45. Что такое топливный элемент?
46. Как устроен и как работает кислородно-водородный топливный элемент.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
Курс 4, сессия 2 и 3.	ОПК-2; ОПК-3; ПК-15	Отчеты по лабораторным работам и вопросы при их защите; БТЗ.

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Отчет по лабораторной работе

Темы лабораторных работ указаны в Табл. 4 (Структура и содержание дисциплины). Подробные описания лабораторных работ приведены на сайте дисциплины.

#### **Форма отчета по лабораторной работе**

Приведена в описаниях лабораторных работ (на сайте дисциплины).

**Требования к оформлению:** приведены в описаниях лабораторных работ (на сайте дисциплины).

#### **Критерии оценки:**

Лабораторная работа «зачтена», если результаты оформлены в виде отчета;

Лабораторная работа «не зачтена», если результаты не оформлены в виде отчета или отчет неправильно оформлен.

#### 7.2.2. Вопросы БТЗ

БТЗ для Курса 3, сессии 2 содержит 257 вопросов;

БТЗ для Курса 3, сессии 3 содержит 303 вопроса;

### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Курс 4, сессия 2

№ п/п	Вопросы
1	Предмет и содержание курса.
2	Основные разделы и методы исследования.
3	Химическая термодинамика и ее отличия от общей и технической термодинамики.
4	Термодинамическая система и ее параметры.
5	Термодинамические процессы
6	Работа в изотермическом процессе, равновесные (обратимые) и неравновесные (необратимые) процессы.
7	Нулевое начало термодинамики
8	Теплота и работа
9	Внутренняя энергия и энтальпия
10	Основные понятия и формулировки, первое начало термодинамики для процессов в идеальном газе.
11	Теплоемкость.
12	Закон Гесса.
13	Определение тепловых эффектов по теплоте образования.
14	Определение тепловых эффектов по теплоте сгорания.
15	Зависимость теплового эффекта от температуры, закон Кирхгофа.
16	Критерии самопроизвольности процессов в изолированных системах, энтропия как основной из них.
17	Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
18	Статистический смысл понятия энтропии
19	Термодинамическая вероятность и формула Больцмана.
20	Третье начало термодинамики, постулат Планка
21	Расчет энтропии.
22	Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца
23	Критерии равновесных и самопроизвольных процессов.
24	Максимальная работа в изохорно-изотермическом и изобарно-изотермическом процессах.
25	Характеристические функции
26	Термодинамические потенциалы.
27	Зависимость энергий Гиббса и Гельмгольца от температуры, уравнения Гиббса – Гельмгольца.
28	Химический потенциал идеального газа.
29	Химический потенциал реального газа, фугитивность.
30	Активность и коэффициент активности.
31	Константа равновесия химической реакции.
32	Изотерма химической реакции.
33	Уравнения изобары и изохоры химической реакции
34	Смещение химического равновесия и принцип Ле Шателье – Брауна.
35	Фазовое равновесие. Основные понятия и определения, условия равновесия компонента в двух фазах гетерогенной системы.
36	Основной закон фазового равновесия, правило фаз Гиббса

37	Тепловые эффекты фазовых переходов, уравнение Клаузиуса – Клапейрона.
38	Диаграмма состояния гетерогенной однокомпонентной системы, диаграмма состояния воды.
39	Физико – химический и термический анализы.
40	Двухкомпонентные системы с эвтектикой.
41	Двухкомпонентные системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями, правило рычага.
42	Двухкомпонентные системы с инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями.
43	Двухкомпонентные системы с твердыми растворами с неограниченной растворимостью.
44	Двухкомпонентные системы с ограниченной растворимостью в жидкой фазе.
45	Графическое изображение состава трехкомпонентной системы.
46	Трехкомпонентные жидкие системы.
47	Системы с тройной эвтектикой.
48	Жидкие растворы, Основные понятия и определения.
49	Выражения концентрации растворов.
50	Идеальные, предельно разбавленные и неидеальные растворы.
51	Парциальные молярные величины.
52	Нахождение парциальных молярных величин.
53	Описание свойств неидеальных растворов.
54	Уравнение Гиббса – Дюгема.
55	Давление паров над идеальным раствором, закон Рауля.
56	Давление паров над предельно разбавленным раствором, закон Генри.
57	Давление паров над неидеальным раствором
58	Растворимость твердых веществ.
59	Равновесие расплава с твердым веществом.
60	Понижение температуры замерзания растворов.
61	Повышение температуры кипения растворов.
62	Осмоз и осмотическое давление.
63	Закон распределения Нернста.
64	Экстракция.
65	Перегонка с водяным паром.
66	Общее давление пара над летучей смесью.
67	Законы Гиббса – Коновалова.
68	Общее давление пара над идеальной и неидеальной летучей смесью.
69	Диаграммы состояния летучих смесей.
70	Испарение жидких летучих смесей.
71	Дробная перегонка смеси без азеотропа и с азеотропом.
72	Ректификация.

#### Курс 4, сессия 3

№ п/п	Вопросы
1	Предмет изучения химической кинетики.
2	Скорость химических реакций.
3	Молекулярность химических реакций.
4	Закон действующих масс.
5	Порядок химической реакции.
6	Кинетические уравнения реакций первого порядка.
7	Кинетические уравнения реакций второго порядка.

8	Кинетические уравнения реакций третьего порядка.
9	Экспериментальное определение порядка реакций: графический метод.
10	Экспериментальное определение порядка реакций: по времени полупревращения и по методу избытка реагента.
11	Кинетика сложных химических реакций: обратимые, последовательные, параллельные и сопряженные реакции. Цепные реакции. Кинетика цепных реакций.
12	Кинетика сложных химических реакций: последовательные реакции.
13	Кинетика сложных химических реакций: параллельные реакции.
14	Кинетика сложных химических реакций: сопряженные реакции.
15	Цепные реакции. Кинетика цепных реакций.
16	Нетермические химические реакции.
17	Фотохимические реакции.
18	Кинетика гетерогенных процессов.
19	Топохимические реакции.
20	Элементарный акт реакции и энергия активации.
21	Активированный комплекс.
22	Основы теории активированного комплекса.
23	Стерический или пространственный фактор.
24	Катализаторы и каталитические реакции, общие понятия.
24	Окислительно-восстановительный катализ
26	Окислительно-восстановительный катализ
27	Ферментативный катализ
28	Стадийный и слитный механизм каталитических реакций
29	Скорость каталитических реакций
30	Гетерогенные катализаторы.
24	Основы теории гетерогенного катализа.
26	Электролитическая диссоциация, сольватация и гидратация ионов.
27	Сильные и слабые электролиты, свойства растворов слабых электролитов
24	Константа диссоциации.
26	Степень диссоциации.
27	Изотонический коэффициент и коллективные свойства растворов
28	Средняя активность и ионная сила электролитов.
29	Основы электростатической теории растворов сильных электролитов.
30	Удельная электропроводность.
31	Молярная электропроводность.
32	Подвижность ионов.
33	Зависимость электропроводности от концентрации
34	Основы теории электропроводности Онсагера.
35	Электропроводность растворов с ионами гидроксония и гидроксида.
36	Электропроводность неводных, расплавленных и твердых электролитов.
37	Числа переноса
38	законы Фарадея
39	Кондуктометрия.
40	Электрохимические системы, электродные полуреакции,
41	Обратимые и необратимые электроды, запись электродов и систем.
42	Э.д.с. электрохимической системы, электродный потенциал
43	Возникновение скачка потенциала на границе раствор – металл и раствор – раствор.
44	Двойной электрический слой на границе металл – раствор.
45	Термодинамика обратимых электрохимических систем, уравнение Нернста.
46	Классификация обратимых электродов, электроды первого и второго рода, газо-

	вые электроды.
47	Окислительно – восстановительные и ионообменные электроды.
48	Потенциометрия.
49	Электрохимические цепи.
50	Устойчивость водных электрохимических цепей, диаграмма Пурбе.
51	Химические источники тока, элементы и аккумуляторы.
52	Химические источники тока с неводными и твердыми электролитами.
53	Топливные элементы.
54	Электролиз и его применения.
55	Электродная поляризация.
56	Диффузионное перенапряжение.
57	Электрохимическое перенапряжение.
58	Фазовое перенапряжение.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
Курс 4, сессия 2	Зачет (по накопительному рейтингу)	«зачтено»	текущий рейтинг составляет 40-100 баллов
Курс 4, сессия 3	экзамен (по накопительному рейтингу)	«отлично»	текущий рейтинг составляет 80-100 баллов
		«хорошо»	текущий рейтинг составляет 60-79 баллов
		«удовлетворительно»	текущий рейтинг составляет 40-59 баллов
		«неудовлетворительно»	текущий рейтинг составляет 0-39 баллов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Грызунов В.И	Физическая химия : учебное пособие / В. И. Грызунов, И. Р. Кузеев, Е. В. Пояркова [и др.]. - 3-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2019. - 251 с. - ISBN 978-5-9765-1963-3.	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»
2	Гамеева О.С.	Физическая и коллоидная химия : учебное пособие / О. С. Гамеева. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 328 с. - ISBN 978-5-8114-4869-2.	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Свиридов В.В., Свиридов А.В.	Физическая химия : учебное пособие / В. В. Свиридов, А. В. Свиридов. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 600 с. - ISBN 978-5-8114-2262-3.	Учебное пособие	2016	ЭБС «Лань»
4	Кумыков, Р.М.	Физическая и коллоидная химия : учебное пособие / Р. М. Кумыков, А. Б. Иттиев. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 236 с. - ISBN 978-5-8114-3519-7.	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»
5	Попова, А.А.	Физическая химия : учебное пособие / А. А. Попова, Т. Б. Попова. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 496 с. - ISBN 978-5-8114-1796-4.	Учебное пособие	2015	ЭБС «Лань»



## 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
6	Акулова Ю.П.	Физическая химия. Теория и задачи : учебное пособие / Ю. П. Акулова, С. Г. Изотова, О. В. Проскурина, И. А. Черепкова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 228 с. - ISBN 978-5-8114-5340-5.	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
7	Нигматуллин, Н.Г.	Практикум по физической и коллоидной химии : учебное пособие / Н. Г. Нигматуллин, Е. С. Ганиева. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 116 с. - ISBN 978-5-8114-2885-4.	Учебное пособие	2018	ЭБС «Лань»
8	Гельфман, М.И.	Практикум по физической химии : учебное пособие / М. И. Гельфман. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2004. - 256 с. - ISBN 5-8114-0604-5.	Учебное пособие	2018	ЭБС «Лань»
9	Гамеева, О.С.	Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии : учебное пособие / О. С. Гамеева. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-2453-5.	Учебное пособие	2018	ЭБС «Лань»

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

– **Бутлеровские сообщения.** Научный англо-русскоязычный химический журнал. Публикует статьи по основным разделам химии и смежным дисциплинам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей сайта доступен полнотекстовый архив с 1999 года: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

– **Химия в интересах устойчивого развития.** В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

– **Oriental Journal Of Chemistry.** Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	(Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно);
2	Office Standard	1398	(Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно)

**8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Помещение для самостоятельной работы студентов. Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет.
2	Лаборатория «Физическая и коллоидная химия» А-318	Вытяжной шкаф; мойки.; Столы письменные.; табуреты; Столы лабораторные; стол лабораторный островной; тумба; стол для весов ; доска аудиторная; потенциостат П-5827М; термостат водяной UTU-4; самописец планшетный; сушильный шкаф WS31; термостат водяной; вакуумный насос 8/18х; весы электронные Mettler Tolledo.; выпрямитель В-24 ; лабораторный регулятор напряжения Эксперт001; электроплитка Невал10; магнитные мешалки с подогревом ПЭ6110; колориметр; химическая посуда.
3	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. УЛК-314	Столы ученические, стол преподавательский, стулья ученические, доска аудиторная (маркерная), ПК.