

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.

« 25 » мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

(наименование в соответствии с РУП)

Направление подготовки (специальность)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

(шифр и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль)

Аналитическая химия

(наименование профиля/специализации)

Квалификация выпускника

Химик. Преподаватель химии

(в соответствии с Приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября 2013 г. N 1061 "Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования" (с изменениями и дополнениями))

Разработчик

(подпись)

(дата)

Бондарева Л. П.

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

физической и аналитической химии

(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

(подпись)

(дата)

Кучменко Т. А.

(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сфере методов и методик получения и анализа продукции, в сфере контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, в сфере паспортизации и сертификации продукции)

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-технических, опытно-конструкторских разработок и внедрения химической продукции различного назначения, в сфере метрологии, сертификации и технического контроля качества продукции).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- научно-исследовательский;*
- технологический;*
- организационно-управленческий.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	.Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ИД1 _{ОПК-1} – Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
			ИД2 _{ОПК-1} - Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ химии
			ИД3 _{ОПК-1} - Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности
2	ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения	ИД1 _{ОПК-3} - Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности
			ИД2 _{ОПК-3} - Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-1} – Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	Знает: роль физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого для анализа результатов химических экспериментов, наблюдений и измерений.
	Умеет: проводить эксперимент по заданной тематике, систематизировать результаты измерений и расчетов
	Владеет: базовыми знаниями физической химии, достаточными для анализа результатов химического эксперимента и расчета
ИД2 _{ОПК-1} - Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ химии	Знает: основы химической термодинамики, химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии.
	Умеет: интерпретировать результаты экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ физической химии
	Владеет: навыками применения основных законов физической химии при обсуждении полученных результатов
ИД3 _{ОПК-1} - Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности	Знает: методики анализа научной информации
	Умеет: проводить поиск и анализ научной информации, формулировать на их основе выводы и предложения
	Владеет: основами обработки и анализа научной информации и формулировки на их основе заключения и выводы
ИД1 _{ОПК-3} - Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	Знает: физико-химические модели и основы обработки экспериментальных данных с использованием законов и уравнений физической химии
	Умеет: применять законы физики и методов математики в физической химии как теоретического фундамента современной химии.
	Владеет: навыками использования теоретических и полуэмпирических моделей при решении физико-химических задач
ИД2 _{ОПК-3} - Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	Знает: области применения стандартного программного обеспечения и специализированных химических баз данных при решении физико-химических задач
	Умеет: использовать специализированные базы данных при решении задач по физической химии
	Владеет: стандартным программным обеспечением при решении типовых задач физической химии

3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к *обязательной части* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: *Основы проектного обучения, Неорганическая химия, Аналитическая химия, Информатика, Математика, Физика, История и методология химии, Метрология и стандартизация, Физические методы исследования*, а также учебной практикой (ознакомительная практика).

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин: *Коллоидная химия, Высокмолекулярные соединения, Квантовая химия. Строение вещества, Химические основы биологических процессов, Вычислительные методы в химии, Современные методы анализа, Модуль Основы химической технологии, Методы разделения и концентрирования, Методы обработки химических данных*, а также прохождения практик: *Производственная практика (технологическая практика)*,

Производственная практика (научно-исследовательская работа), Производственная практика (опытно-конструкторская практика) и выполнения выпускной квалификационной работы.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **15** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		5 семестр	6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	540	252	288
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	360,5	155,2	205,3
Лекции	132	60	72
Практические занятия	117	45	72
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	28	10	18
Лабораторные занятия	99	45	54
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	46	21	25
Консультации текущие	6,6	3	3,6
Консультация курсовой работы	1,5	-	1,5
Консультации перед экзаменом	4	2	2
Вид аттестации (экзамен)	0,4	0,2	0,2
Самостоятельная работа:	111,9	63	48,9
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам (5)	53,9	41	12,9
Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам (5)	11	5	6
Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	22	12	10
Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	25	5	20
Подготовка к экзамену	67,6	33,8	33,8

5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Трудоемкость раздела, акад. ч
1	Основы химической термодинамики	Основные понятия химической термодинамики. Первое начало термодинамики. Термохимия. Второе начало термодинамики. Теория характеристических функций. Термодинамические потенциалы.	91
2	Сложные термодинамические системы (растворы и	Основные виды, понятия и определения сложных термодинамических систем. Химический потенциал. Термодинамика растворов. Свойства идеальных и реальных	122

	гетерогенные системы).	растворов. Термодинамика гетерогенных систем. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах: жидкость – твердое тело, жидкость – пар. Фазовое равновесие жидкость-жидкость в трехкомпонентных системах. Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ.	
3	Химическое равновесие	Основные характеристики химического равновесия. Константы равновесия химических процессов. Изотерма и изобара химической реакции. Тепловая теорема Нернста. Функция распределения Максвелла - Больцмана. Ее использование для вычисления средних скоростей и энергий молекул в идеальных газах. Статистические средние значения макроскопических величин. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций.	58,9
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	Развитие представлений о строении растворов электролитов. Неравновесные явления в растворах электролитов. Потоки диффузии и миграции. Условия электрохимического равновесия на границах раздела фаз и в электрохимической цепи. Понятия поверхностного, внешнего и внутреннего потенциалов; разности потенциалов Гальвани и Вольты. Определение коэффициентов активности и чисел переноса на основе измерений ЭДС. Двойной электрический слой и его роль в кинетике электродных процессов. Емкость двойного электрического слоя; причины ее зависимости от потенциала электрода.	90
5	Химическая кинетика и катализ	Основные понятия химической кинетики. Необратимые реакции нулевого, первого, второго и n – го порядков. Кинетика сложных реакций. Принцип независимости протекания элементарных стадий. Теории химической кинетики. Метод переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Определение катализа. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ. Металлы как катализаторы	98
		<i>Консультации текущие</i>	6,6
		<i>Консультации перед экзаменом</i>	4
		<i>Вид аттестации: экзамен</i>	0,4

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	Практические занятия, ак. ч	Лабораторные занятия, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Основы химической термодинамики	20	20	19	32
2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные системы).	40	25	26	31

3	Химическое равновесие	16	16	8	18,9
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	22	26	28	14
5	Химическая кинетика и катализ	34	30	18	16
	<i>Консультации текущие</i>			6,6	
	<i>Консультации перед экзаменом</i>			4	
	<i>Экзамен</i>			0,4	

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Основы химической термодинамики	Макроскопические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Температура. Интенсивные и экстенсивные величины. Обратимые и необратимые процессы. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа, газа Ван-дер-Ваальса. Вириальные уравнения состояния. Теплота и работы различного рода. Работа расширения для различных процессов.	4
		Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплота сгорания. Теплоты образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.	6
		Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Некомпенсированная теплота Клаузиуса и работа, потерянная в необратимом процессе. Обоснование второго начала термодинамики. Теорема Карно - Клаузиуса. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии изолированных процессов и направление процесса.	4
		Математический аппарат термодинамики. Фундаментальное уравнение Гиббса. Внутренняя энергия, как однородная функция объема, энтропии и числа молей. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла и их использование для вывода различных термодинамических соотношений. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Свойства термодинамических потенциалов. Различные формы записи условий термодинамического равновесия. Критерий самопроизвольного протекания процессов. Связь между калорическими и термодинамическими переменными. Методы вычисления энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса.	6
Итого: 20			
2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные	Химический потенциал. Способы вычисления изменений химического потенциала. Химический потенциал идеального и неидеального газов. Различные методы вычисления летучести из опытных данных.	4

	системы).	<p>Растворы различных классов. Различные способы выражения состава раствора. Смеси идеальных газов. Термодинамические свойства газовых смесей. Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях и общее условие идеальности растворов.</p> <p>Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы. Химический потенциал компонента в растворе. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент в жидких и твердых растворах. Симметричная и несимметричная системы отсчета.</p> <p>Термодинамическая классификация растворов. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные, регулярные, растворы и их свойства. Парциальные молярные величины и их определение из опытных данных для бинарных систем. Обобщенное уравнение Гиббса - Дюгема.</p> <p>Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента, степени свободы. Вывод условия фазового равновесия. Вывод условия мембранного равновесия. Правило фаз Гиббса и его вывод.</p> <p>Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода.</p> <p>Диаграммы состояния (плавкости) двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Расслаивание в двухкомпонентных системах.</p> <p>Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Равновесие жидкость - пар в двухкомпонентных системах. Равновесные составы пара и жидкости. Различные виды фазовых диаграмм: p-x ($T=\text{const}$), T-x ($p=\text{const}$). Термодинамический вывод законов Гиббса - Коновалова. Разделение веществ путем перегонки. Азеотропные смеси и их свойства.</p> <p>Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод. Осмос как пример мембранного равновесия. Уравнения Вант-Гоффа, его термодинамический вывод и область применимости.</p> <p>Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Распределение компонентов. Экстракция.</p>	<p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>Итого: 40</p>
3	Химическое равновесие	<p>Вывод условия химического равновесия. Химическая переменная. Изотерма Вант-Гоффа. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции. Химическое сродство. Закон действия масс. Стандартная энергия Гиббса химической реакции. Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними.</p> <p>Химические равновесия в растворах. Константы равновесия при различном выборе стандартных состояний для участников реакции. Химическое равновесие в разбавленном растворе. Влияние инертного растворителя.</p> <p>Зависимость констант равновесия от температуры и давления. Уравнение изобары реакции и его</p>	<p>4</p> <p>2</p> <p>4</p>

		<p>термодинамический вывод. Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при расчетах химических равновесий при различных температурах. Современные методы расчета равновесных составов.</p> <p>Третий закон термодинамики. Постулат Нернста. Постулат Планка. Расчеты абсолютной энтропии химических соединений.</p> <p>Основные постулаты статистической термодинамики. Плотность вероятности (функция распределения) и ее свойства. Статистические выражения для основных термодинамических функций - внутренней энергии, энтропии, энергии Гельмгольца, энергии Гиббса, теплоемкости и химического потенциала. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Вращательная сумма по состояниям для жесткого ротатора. Колебательная сумма по состояниям для гармонического осциллятора.</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>Итого: 16</p>
4	<p>Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)</p>	<p>Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории Аррениуса. Недостатки этой теории. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия. Понятия средней активности и среднего коэффициента активности; их связь с активностью и коэффициентом активности отдельных ионов. Основные допущения теории Дебая - Гюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Уравнения для коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая - Гюккеля. Современные представления о растворах электролитов.</p> <p>Неравновесные явления в растворах электролитов. Диффузионный потенциал. Удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса и методы их определения. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Физические основы теории Дебая - Гюккеля - Онзагера; электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая - Фалькенгагена. Зависимость подвижности ионов от их природы, от природы растворителя, от температуры и концентрации раствора. Механизм электропроводности водных растворов кислот и щелочей.</p> <p>Условия электрохимического равновесия на границах раздела фаз и в электрохимической цепи. Связь ЭДС со свободной энергией Гиббса. Уравнения Нернста и Гиббса - Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятия поверхностного, внешнего и внутреннего потенциалов; разности потенциалов Гальвани и Вольта. Понятие электродного потенциала. Классификация электродов и электрохимических цепей. Определение коэффициентов активности и чисел переноса на основе измерений ЭДС.</p>	<p>6</p> <p>6</p> <p>10</p> <p>Итого: 22</p>
5	<p>Химическая кинетика и катализ</p>	<p>Химическая кинетика - наука о скоростях и механизмах химических реакций. Несоответствие механизмов реакций и их стехиометрических уравнений. Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетический закон действия масс и области его применимости. Порядок реакции. Кинетические кривые. Молекулярность элементарных реакций. Прямая и обратная задачи химической кинетики.</p> <p>Необратимые реакции нулевого, первого и второго порядков. Необратимые реакции порядка n.</p>	<p>4</p> <p>4</p>

	<p>Определение констант скорости из опытных данных. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения. Время полупревращения и среднее время жизни.</p>	4
	<p>Сложные реакции. Принцип независимости протекания элементарных стадий. Методы составления кинетических уравнений. Обратимые реакции первого порядка. Определение элементарных констант из опытных данных. Параллельные реакции.</p>	4
	<p>Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка.</p>	
	<p>Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Принцип квазистационарности Боденштейна и область его применимости. Квазиравновесие. Уравнение Михаэлиса - Ментэн. Определение кинетических постоянных этого уравнения из опытных данных. Кинетика каталитических реакций с конкурентным ингибированием.</p>	2
	<p>Цепные реакции. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Различные методы расчета скорости неразветвленных цепных реакций. Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Фотохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Принцип Франка-Кондона. Фотохимические активные частицы. Квантовый выход. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна.</p>	2
	<p>Зависимость константы скорости химической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Опытная энергия активации.</p>	2
	<p>Метод переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область его применимости. Трансмиссионный коэффициент. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Соотношения между опытной и истинной энергией активации.</p>	2
	<p>Теория соударений в химической кинетике. Стерический множитель. Мономолекулярные реакции. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям. Схема Линдемана и ее сопоставление с опытными данными. Бимолекулярные реакции.</p>	2
	<p>Определение катализа. Общие принципы катализа. Роль катализа в химии. Основные промышленные каталитические процессы. Примеры механизмов каталитических процессов.</p>	4
	<p>Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда и его использование в кинетике каталитических реакций.</p>	
	<p>Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области; область внешней и внутренней диффузии). Особенности кинетики и записи константы равновесия в адсорбционном слое. Неоднородность поверхности катализаторов. Кинетика гетерогенно-</p>	4

		каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Внешняя диффузия (метод равнодоступной поверхности). Кинетика каталитических реакций во внутренней диффузионной области. Теория мультиплетов Баландина. Принцип геометрического и энергетического соответствия. Область применения теории мультиплетов. Нанесенные катализаторы. Теория активных ансамблей Кобозева.	Итого: 34
--	--	--	-----------

5.2.2 Практические занятия (семинары)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Основы химической термодинамики	Первый закон термодинамики	4
		Термохимия	6
		Второй закон термодинамики. Расчет изменения энтропии процессов. Расчеты абсолютной энтропии химических соединений.	4
		Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла и их использование.	4
		Методы вычисления энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса.	2
2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные системы).	Парциальные мольные свойства растворов	4
		Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям.	6
		Закон Рауля для летучих растворов. Диаграммы состояния бинарных систем.	6
		Трехкомпонентные системы. Экстракция.	4
		Коллигативные свойства растворов	5
3	Химическое равновесие	Расчет констант равновесия химической реакции.	4
		Теоретический выход продукта	6
		Изотерма химической реакции.	2
		Изобара и изохора химической реакции	4
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	Средние активности и коэффициенты активности. Теория Дебая - Гюккеля.	6
		Электрическая проводимость растворов электролитов	8
		Уравнения Нернста и Гиббса - Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи.	6
		Определение коэффициентов активности, чисел переноса и других характеристик реакции на основе измерений ЭДС.	6
5	Химическая кинетика и катализ	Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетический закон действия масс.	4
		Кинетические уравнения односторонних реакций	8
		Сложные реакции	2
		Зависимость константы скорости химической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Опытная энергия активации.	8
		Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ.	4
		Гетерогенный катализ. Режимы протекания реакций	4

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак. ч
1	Основы химической термодинамики	Калориметрическое определение теплоты образования растворов	6
		Калориметрическое определение теплоты нейтрализации	7
		Калориметрическое определение теплоты образования кристаллогидрата	6

2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные системы).	Определение температуры кипения индивидуальных веществ	6
		Фазовое равновесие жидкость-жидкость. Закон распределения Нернста	6
		Взаимная растворимость трехкомпонентных систем. Диаграммы состояния	6
		Равновесие жидкость-пар в бинарных системах	8
3	Химическое равновесие	Химическое равновесие реакции этерификации	8
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	Исследование электрической проводимости растворов сильных электролитов	6
		Исследование электрической проводимости растворов слабых электролитов	5
		Измерение стандартного потенциала окислительно-восстановительного электрода	6
		Определение среднеионного коэффициента активности сильного электролита	6
		Измерение ЭДС электрохимического элемента Даниэля-Якоби	5
5	Химическая кинетика и катализ	Исследование кинетики инверсии сахарозы	6
		Исследование кинетики реакции гидролиза этилацетата	6
		Скорость реакции йодирования ацетон	6

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
1	Основы химической термодинамики	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам	21
		Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам	3
		Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	6
		Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	2
2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные системы).	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам	20
		Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам	2
		Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	6
		Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	3
3	Химическое равновесие	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам	2,9
		Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам	2
		Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе	4

		выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	
		Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	10
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам	5
		Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам	2
		Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	3
		Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	4
5	Химическая кинетика и катализ	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям, в том числе подготовка к коллоквиумам	5
		Подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка к аудиторным контрольным работам	2
		Подготовка к лабораторным занятиям, в том числе выполнение расчетов и оформление лабораторных работ	3
		Курсовая работа (выполнение эксперимента, обработка результатов, оформление, подготовка к защите)	6

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Вишняков, А. В. Физическая химия: учебник для студ. вузов / А. В. Вишняков, Н. Ф. Кизим. - М. : Химия, 2012. - 840 с.
2. Физическая химия: учебник для вузов : в 2 кн. (гриф МО). Кн. 1 : Строение вещества. Термодинамика / К. С. Краснов [и др.] ; под ред. К. С. Краснова. - 3-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2001. - 512 с.
3. Физическая химия: учебник для вузов : в 2 кн. (гриф. МО). Кн. 2 : Электрохимия. Химическая кинематика и катализ / К. С. Краснов [и др.] ; под. ред. К. С. Краснова. - 3-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2001. - 319 с.
4. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия : учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1402-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211037>

6.2 Дополнительная литература

1. Стромберг, А. Г. Физическая химия : учебник для студентов вузов, обуч. по химическим специальностям / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко ; под редакцией А. Г. Стромберга. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Высш. шк., 1999. - 527 с.
2. Фролов, Ю. Г. Физическая химия: учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Химия" и спец. "Физическая химия" / Ю. Г. Фролов, В. В. Белик ; под ред. Ю. Г. Фролова. - М. : Химия, 1993. - 464 с.

3. Бажин, Н. М. Термодинамика для химиков : учебник / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 612 с. — ISBN 978-5-8114-3917-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206717>

4. Сборник примеров и задач по физической химии. Электрохимия, химическая кинетика / В. Ю. Конюхов, А. В. Гребенник, А. Ю. Крюков, О. И. Воробьева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 224 с. — ISBN 978-5-507-47084-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/326150>

5. Сборник примеров и задач по физической химии. Химическая термодинамика, растворы, фазовые равновесия / В. Ю. Конюхов, А. В. Гребенник, Г. М. Бондарева, С. Ю. Левчишин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 172 с. — ISBN 978-5-507-45987-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292988>

6. Краткий справочник физико-химических величин / сост. Н. М. Барон, А. М. Пономарева, А. А. Равдель и др.; под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. - 9-е изд. - СПб. : СпецЛит, 1999. - 232 с.

7. Физическая химия. Теория и задачи : учебное пособие для вузов / Ю. П. Акулова, С. Г. Изотова, О. В. Проскурина, И. А. Черепкова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-8947-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185893>

Периодические издания:

Журнал физической химии.

Журнал прикладной химии.

Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.

РЖ. Физическая химия.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Бондарева, Л. П. Физическая и коллоидная химия (Теория и практика) : учебное пособие / Л. П. Бондарева, Т. В. Мастюкова. — Воронеж : ВГУИТ, 2019. — 287 с. — ISBN 978-5-00032-409-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130212>

2. Физическая химия: методические указания к практическим занятиям / Воронеж. гос. ун-т инж. технол.; сост. Л. П. Бондарева. – Воронеж: ВГУИТ. 2022. – 36 с.
<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/6516>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», <https://education.vsu.ru/>, автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен» и пр. <https://training.i-exam.ru/>,

Базы данных по химии <https://chemister.ru/Links/database.htm>,

Отечественные базы данных по химии <http://www.chem.msu.su/rus/library/rusdbs.html>,

Базы данных по химии и токсикологии <http://chemister.ru/Links/database.htm>,

Химия. Базы данных https://elementy.ru/catalog/t39/Khimiya/g29/bazy_dannykh,

Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>,

Справочная система. Сайт о химии. <https://www.xumuk.ru/nekrasov>.

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – ОС Windows, ОС ALT Linux.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения учебных занятий №450	Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, проектор Vivitek DH765Z-UST, экран настенный Digis Space формат 16:9 131" (300x300), рабочая поверхность 165x290 MW, активная инсталляционная мониторная акустическая система SAT 62 A G2-6,5", аналоговый микшер на 6 каналов (LDVIBZ6) (в комплекте с кабелями микрофонными {LR (M)-TRS, микрофон конденсаторный кардиоидный Shure - CVG18D-B/C на гусяной шее.
Учебная аудитория для проведения учебных занятий №37	Проектор Epson EB-955WH, микшерный пульт с USB-интерфейсом Behringer Xenyx X1204USB, активная акустическая система Behringer B112D Eurolive, акустическая стойка Tempo SPS-280, комплект из 3 микрофонов в кейсе Behringer XM1800S Ultravoice, микрофонная стойка Proel RSM180, 15.6" Ноутбук Acer Extensa EX2520G-51P0, веб-камера Logitech ConferenceCam BCC950 (USB), экран с электроприводом CLASSIC SOLUTION Classic Lyra (16:9) 308x220.
Учебная аудитория для проведения учебных занятий №437	Модуль «Термический анализ», модуль «Термостат», модуль «Универсальный контролер», модуль «Электрохимия», термостат 50к-2010.05-03, установка колориметрическая, кондуктометр TYPE-OK-102/1, прибор Ребиндера, концентрационный колориметр КФК-2, поляриметр-сахариметр СУ-5, рефрактометр, баня водяная.
Учебная аудитория для проведения учебных занятий №441	Аудиовизуальная система лекционных аудиторий (мультимедийный проектор Epson EB-X18, экран ScreenMedia), модуль «Термический анализ», модуль «Термостат», модуль «Универсальный контролер», модуль «Электрохимия», термостат 50к-2010.05-03, установка калориметрическая, кондуктометр TYPE-OK-102/1, прибор Ребиндера, концентрационный колориметр КФК-2, поляриметр-сахариметр СУ-5, рефрактометр, сталагмометр СТ-2, баня водяная, вытяжной шкаф.
Учебная аудитория для проведения учебных занятий №438	Химическая посуда и реактивы, дистиллятор, вытяжной шкаф.

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

Читальные залы ресурсного центра	Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.
---	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-1	.Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ИД1 _{ОПК-1} – Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
			ИД2 _{ОПК-1} - Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ химии
			ИД3 _{ОПК-1} - Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности
2	ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения	ИД1 _{ОПК-3} - Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности
			ИД2 _{ОПК-3} - Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-1} – Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	Знает: роль физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого для анализа результатов химических экспериментов, наблюдений и измерений.
	Умеет: проводить эксперимент по заданной тематике, систематизировать результаты измерений и расчетов
	Владеет: базовыми знаниями физической химии, достаточными для анализа результатов химического эксперимента и расчета
ИД2 _{ОПК-1} - Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ химии	Знает: основы химической термодинамики, химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии.
	Умеет: интерпретировать результаты экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ физической химии
	Владеет: навыками применения основных законов физической химии при обсуждении полученных результатов
ИД3 _{ОПК-1} - Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности	Знает: методики анализа научной информации
	Умеет: проводить поиск и анализ научной информации, формулировать на их основе выводы и предложения
	Владеет: основами обработки и анализа научной информации и формулировки на их основе заключения и выводы
ИД1 _{ОПК-3} - Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	Знает: физико-химические модели и основы обработки экспериментальных данных с использованием законов и уравнений физической химии
	Умеет: применять законы физики и методов математики в физической химии как теоретического фундамента современной химии.

	Владеет: навыками использования теоретических и полуэмпирических моделей при решении физико-химических задач
ИД2 _{ОПК-3} - Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	Знает: области применения стандартного программного обеспечения и специализированных химических баз данных при решении физико-химических задач
	Умеет: использовать специализированные базы данных при решении задач по физической химии
	Владеет: стандартным программным обеспечением при решении типовых задач физической химии

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Основы химической термодинамики	ОПК-1	<i>Тестовое задание</i>	1-3, 21 - 23,25,26, 28,29	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Аудиторная контрольная работа</i>	71-74	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Собеседование</i>	86-117	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
		ОПК-3	<i>Тестовое задание</i>	31-35,51, 54	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Аудиторная контрольная работа</i>	81	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Собеседование</i>	61, 62- 86-117	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
2	Сложные термодинамические системы (растворы и гетерогенные системы).	ОПК-1	Тестовое задание	4,5,10,11	Бланочное или компьютерное Тестирование Процентная шкала.0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.

		ОПК-3	Аудиторная контрольная работа	75,76	Проверка преподавателем Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование	118-171	Проверка преподавателем Отметка в системе по академической шкале
			Тестовое задание	36-40, 52, 53, 59	Бланочное или компьютерное Тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Аудиторная контрольная работа	82	Проверка преподавателем Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Собеседование	63-65 118-171	Проверка преподавателем Отметка в системе по академической шкале
3	Химическое равновесие	ОПК-1	Тестовое задание	6-9, 27	Бланочное или компьютерное Тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
Аудиторная контрольная работа			77,78	Проверка преподавателем Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.	
Собеседование			172-185	Проверка преподавателем Отметка в системе по академической шкале	
ОПК-3		Тестовое задание	41-44, 55	Бланочное или компьютерное Тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.	
		Аудиторная контрольная работа	83	Проверка преподавателем Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.	

			<i>Собеседование</i>	66 172-185	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
4	Электрохимия (растворы электролитов, гальванические элементы)	ОПК-1	<i>Тестовое задание</i>	12-15, 57,60	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Аудиторная контрольная работа</i>	83	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Собеседование</i>	186-222	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
		ОПК-3	<i>Тестовое задание</i>	45-47	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Аудиторная контрольная работа</i>	84	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Собеседование</i>	67, 68 186-222	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
5	Химическая кинетика и катализ	ОПК-1	<i>Тестовое задание</i>	16-20, 24, 30	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Аудиторная контрольная работа</i>	79,80	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			<i>Собеседование</i>	223-260	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале
		ОПК-3	<i>Тестовое задание</i>	48-50, 56,58	<i>Бланочное или компьютерное Тестирование</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно;

				60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
		<i>Аудиторная контрольная работа</i>	85	<i>Проверка преподавателем</i> Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
		<i>Собеседование</i>	69, 70 223-260	<i>Проверка преподавателем</i> Отметка в системе по академической шкале

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенции студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на лабораторных работах, выполнения тестовых заданий, выполнение аудиторных контрольных работ и сдача коллоквиумов. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Обучающийся, набравший в семестре более 60 % от максимально возможной бально-рейтинговой оценки работы в семестре получает экзамен автоматически:

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% -хорошо;

85-100% - отлично.

Студент, набравший за текущую работу в семестре менее 60 %, т. к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен.

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования. Экзамен проводится в виде тестового задания или собеседования.

Каждый вариант теста включает 25 контрольных заданий, из них:

- 14 контрольных заданий на проверку знаний;

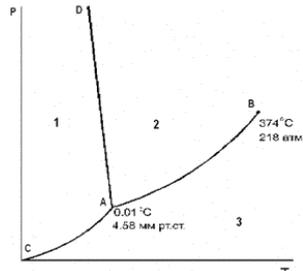
- 6 контрольных заданий на проверку умений;

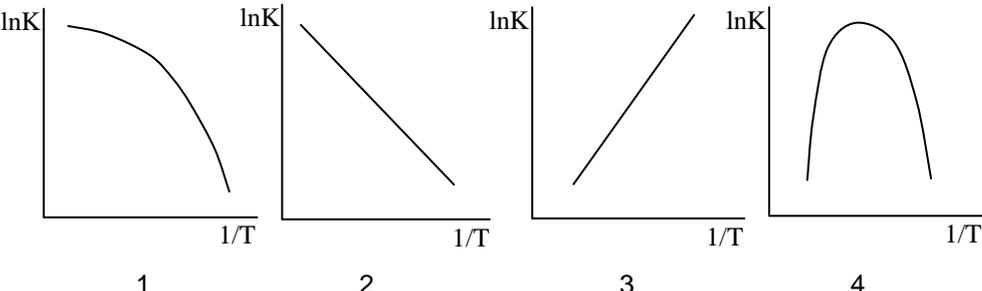
- 5 контрольных заданий на проверку навыков (решение контрольных задач).

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене не учитывается.

3.1 Тесты (тестовые задания)

3.1.1. Шифр и наименование компетенции ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

№ задания	Правильный ответ	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами
31	1	Теплоты сгорания графита и алмаза при стандартных условиях составляют 393,5 кДж/моль и 395,4 кДж/моль соответственно. Чему равна энтальпия перехода графита в алмаз? 1. -1,9 кДж/моль; 2. 1,9кДж/моль; 3. 788,9 кДж/моль; 4. 0 кДж/моль
32	1	Работа системы при обратимом изобарном расширении n моль идеального газа от объёма V_1 до объёма V_2 1) $P(V_2 - V_1)$ 2) $nR(\ln V_2 - \ln V_1)$ 3) 0 4) $-nC_V(T_2 - T_1)$
33	1	Согласно термохимическому уравнению $\text{CaCO}_3(\text{т}) = \text{CaO}(\text{т}) + \text{CO}_2(\text{г}); \Delta_r H^\circ = 178,5 \text{ кДж}$, Для получения 560 г оксида кальция требуется затратить _____ кДж теплоты. 1) 1785 2) 692,5 3) 3570 4) 178,5
34	3	Живые организмы могут: 1) только расходовать энергию 2) накапливать энергию 3) расходовать и накапливать энергию 4) энергия не меняется
35	3	Термохимическое уравнение Кирхгофа может выражать зависимость: 1. теплоемкости вещества от температуры при постоянном давлении; 2. энтальпии вещества от давления при постоянной температуре; 3. изменения энтальпии в процессе от температуры при постоянном давлении; 4. изменения энтальпии в процессе от давления при постоянной температуре.
36	б	Укажите максимальное число фаз двухкомпонентной системы, которые могут одновременно находиться в состоянии термодинамического равновесия. а) 4 б) 2 в) 3 г) 1
37	3	Число степеней свободы (вариантность состояния) системы, состоящей из K компонентов и Ф фаз, на которую из внешних условий влияют давление и температура 1) $K+\Phi+2$ 2) $K+\Phi-2$ 3) $K-\Phi+2$ 4) $\Phi-K+2$
38	5	Выберите правую часть уравнения, описывающего ход линии моновариантного равновесия на Р-Т-диаграмме состояния для однокомпонентной двухфазной системы, соответствующую левой части $dp/dT=$ 1) $\frac{\Delta H}{T}$ 2) $\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ 3) $\frac{\Delta H}{RT}$ 4) $\frac{\Delta H}{RT^2}$ 5) $\frac{\Delta H}{T\Delta V}$
39	б	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса описывает зависимость равновесного давления от температуры для: а) однокомпонентной однофазной системы б) однокомпонентной двухфазной системы в) двухкомпонентной однофазной системы г) двухкомпонентной двухфазной системы д) двухкомпонентной трехфазной системы
40	1	Диаграмма состояния воды при невысоких давлениях имеет вид 

		<p>Кривая AD описывает зависимость</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) температуры плавления льда от давления; 2) равновесного давления водяного пара над льдом от температуры; 3) давления насыщенного пара жидкой воды от температуры; 4) температуры кипения воды от давления.
41	4	<p>Константа равновесия K_c реакции $A + 1/2B = C$ составляет 10^7. Это означает, что в стандартных условиях будет</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) равновесие, 2) образовываться вещества A и B, 3) образовываться в равной мере A, B и C, 4) образовываться вещество C.
42	3	<p>Константа равновесия (K_c) реакции $A_{(г)} + 2B_{(г)} = AB_{2(г)}$ при увеличении общего давления в 2 раза</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) уменьшится в 4 раза, 2) увеличится в 2 раза, 3) не изменится, 4) увеличится в 4 раза.
43	2	<p>График зависимости константы равновесия K_p от температуры T в координатах $\ln K_p = f(1/T)$ для эндотермической реакции имеет вид:</p>  <p>The figure shows four separate coordinate systems, each with $\ln K$ on the vertical axis and $1/T$ on the horizontal axis. Graph 1 shows a curve that starts high and decreases as $1/T$ increases. Graph 2 shows a straight line with a positive slope. Graph 3 shows a straight line with a negative slope. Graph 4 shows a bell-shaped curve that rises to a peak and then falls.</p>
44	2	<p>Константа равновесия системы определяется изменением стандартного значения _____ системы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) энтальпии 2) энергии Гиббса 3) внутренней энергии 4) энтропии
45	г	<p>Изотонический коэффициент в бесконечно разбавленном растворе HNO_3 равен ...</p> <ol style="list-style-type: none"> а) 4 б) 1 в) 3 г) 2
46	а	<p>Электроды II го рода состоят из металла и</p> <ol style="list-style-type: none"> а) труднорастворимой соли, погруженного в раствор легкорастворимой соли с тем же анионом б) раствора, содержащего ионы того же металла в) любого раствора электролита г) труднорастворимой соли
47	1	<p>При уменьшении объема системы в 2 раза скорость химической реакции $2NO + O_2 = 2NO_2 \dots$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) увеличится в 8 раз 2) уменьшится в 8 раз 3) увеличится в 2 раза 4) уменьшится в 2 раза
48	3	<p>Скорость химической реакции - это ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. время, за которое полностью расходуется одно из исходных веществ; 2. время, за которое заканчивается реакция; 3. изменение количества вещества реагентов (или продуктов) в единицу времени в единице объема; 4. количество вещества продуктов реакции к моменту окончания реакции.
49	2	<p>Выбрать уравнение кинетики реакций первого порядка</p> <ol style="list-style-type: none"> 1). $x = k\tau$ 2) $(a - x) = ae^{-k\tau}$ 3) $\frac{1}{a-x} - \frac{1}{a} = k\tau$ 4) $\frac{1}{a-b} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} = k\tau$
50	2	<p>Уравнение реакции, скорость которой не изменяется с увеличением давления, имеет вид ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $2NO(г) + O_2 = 2NO_2(г)$ 2) $MgCO_3(т) = MgO(т) + CO_2(г)$ 3) $MgO(т) + CO_2(г) = MgCO_3(т)$ 4) $2SO_3(г) = 2SO_2(г) + O_2(г)$

Б (на выбор нескольких правильных ответов)		
51	1 4	Химические реакции, тепловой эффект которых при постоянных давлении p и температуре T больше теплового эффекта при постоянном объеме V и той же температуре 1) $2\text{AsH}_3(\text{г}) = 2\text{As}(\text{тв}) + 3\text{H}_2(\text{г})$ 2) $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{р-р}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CaCO}_3(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ 3) $\text{Pb}(\text{тв}) + \text{PbO}_2(\text{тв}) = 2\text{PbO}(\text{тв})$ 4) $\text{Sb}_2\text{O}_4(\text{тв}) + 4\text{C}(\text{тв}) = 2\text{Sb}(\text{тв}) + 4\text{CO}(\text{г})$ 5) $\text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CaCO}_3(\text{тв})$ 6) $\text{Si}(\text{тв}) + 2\text{Li}_2\text{O}(\text{тв}) = \text{SiO}_2(\text{тв}) + 4\text{Li}(\text{тв})$
52	1 4 6	Находящаяся в состоянии равновесия система $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{SO}_{3(\text{г})}$ 1) гомогенная 2) гетерогенная 3) однокомпонентная 4) двухкомпонентная 5) трехкомпонентная 6) однофазная 7) двухфазная
53	2 3 5	Утверждения, справедливые для парциальных мольных величин, описывающих раствор данной концентрации. Парциальная мольная величина это 1) экстенсивная величина; 2) интенсивная величина; 3) функция состояния; 4) функция процесса; 5) характеристика вклада компонента в соответствующее свойство раствора; 6) свойство раствора в целом, не зависящее от его концентрации
В (на соответствие)		
54	А а Б б В в	Соответствие между зависимостью теплового эффекта реакции от температуры и характером изменяется теплоемкости: А. возрастает а. $\Delta C_p > 0$ Б. убывает б. $\Delta C_p < 0$ В. не зависит в. $\Delta C_p = 0$
55	А в Б а В б	Соответствие между величиной константы равновесия (K_a) и характером протекания реакции: А. $K_a = 1$ а. образование исходных веществ Б. $K_a = 10^{-40}$ б. образование продуктов В. $K_a = 10^{40}$ в. состояние равновесия
56	А в Б г В б Г а	Соответствие между размерностью константы скорости и порядком реакции: А. моль/(дм ³ ·мин) а. 3 порядок Б. мин ⁻¹ б. 2 порядок В. дм ³ /(моль·мин) в. 1 порядок Г. дм ⁶ /(моль ² ·мин) г. 0 порядок
Д (открытого типа)		
57	440	Для бинарного электролита с подвижностью катиона $100 [\text{См} \cdot \text{м}^2 \text{ моль}^{-1}]$ и аниона $340 [\text{См} \cdot \text{м}^2 \text{ моль}^{-1}]$ при $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ молярная электрическая проводимость при бесконечном разведении (λ_∞) равна ().
58	Полупревращения	Время () – это время, за которое реагирует половина исходного вещества.
59	2 и 1	Число независимых компонентов и число фаз в равновесной системе $\text{N}_2(\text{г}) + 2 \text{H}_2(\text{г}) = 2 \text{NH}_3(\text{г}),$ полученной в результате смешения 2 моль азота и 5 моль аммиака _____ и _____.
60	1 (одному)	Стандартный электродный потенциал – это потенциал при активностях потенциалопределяющих ионов, равных ().

3.2. Кейс-задания

3.2.1 Шифр и наименование компетенции ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения

Номер задания	Текст задания
61	Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса, следствия из закона Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания химических соединений. Их использование для расчета тепловых эффектов химических процессов. Как на основании экспериментальной величины стандартной теплоты сгорания какого-либо вещества рассчитать стандартную теплоту его образования? Какие дополнительные сведения необходимы для этого?
62	Вывод и анализ уравнения Кирхгофа. Использование интегральных форм уравнения для вычисления тепловых эффектов химических процессов при заданной температуре (в том числе стандартной теплоты образования при $T \neq 298 \text{ K}$).
63	Получена графическая зависимость объема водного раствора от количества молей растворенной мочевины в 1000 г воды. Поясните, как определить парциальные молярные объемы компонентов \bar{V}_1 и \bar{V}_2 при концентрации раствора m_2
64	Дайте определение температуры кипения индивидуальной жидкости. Измерены значения температуры кипения жидкости при различных внешних давлениях. Представьте полученные результаты измерений (схематически) в координатах $\ln p = f(1/T)$. Как на основании построенного графика определить истинную энтальпию парообразования вещества
65	Рассмотрите применение правила рычага на примере диаграммы кипения «температура – состав» ($P = \text{const}$) для двухкомпонентной системы без азеотропа. Покажите на диаграмме, до какой температуры следует нагреть жидкую систему произвольного состава x_0 , чтобы количества равновесных жидкой и паровой фаз были одинаковы?
66	Методы расчета констант химического равновесия. Расчет термодинамической константы равновесия на основании справочных данных о логарифмах констант равновесия реакций образования реагентов из простых веществ. Приведите обоснование этого метода на примере реакции (дана реакция)
67	Имеются данные о зависимости электропроводности раствора от концентрации электролита. Какие графические зависимости необходимо построить, чтобы получить ответ на вопрос – является данный электролит сильным или слабым? Какие характеристики растворов электролитов при этом могут быть определены
68	Прикладные аспекты метода ЭДС. Определение констант равновесия, термодинамических характеристик реакций, протекающих в гальваническом элементе. Расчет pH раствора, активностей и коэффициентов активности, произведения растворимости
69	Приведите на одном графике кинетические кривые односторонних гомогенных реакций 0-го, 1-го и 2-го порядков при численно совпадающих константах скоростей и одинаковых начальных концентрациях реагентов. Для какой из этих реакций снижение концентрации до величины вдвое меньшей первоначальной произойдет быстрее (меньше время полупревращения)?
70	Влияние температуры на скорость химической реакции. Уравнение Аррениуса. Графические и аналитические методы расчета энергии активации на основании данных о зависимости константы скорости реакции от температуры. Назовите основные этапы расчета энергии активации из этих данных

3.3. Задачи

3.3.1. Шифр и наименование компетенции: ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

№ задания	Формулировка задания (условие задачи)
71	<p>Рассчитать тепловой эффект реакции: $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{NO}$, протекающей в газовой фазе при 700 К ($\Delta_r H^\circ_{700}$).</p> <p><i>Решение:</i></p> <p>1. Рассчитываем тепловой эффект реакции при 298 К</p>

	$\Delta H_{298} = 0 + 2 \cdot 91,26 - 2 \cdot 34,19 = 114,14 \text{ кДж} = 114,14 \cdot 10^3 \text{ Дж}$. 2. Рассчитываем тепловой эффект реакции при 700 К, приняв, что $\overline{\Delta C_p} = \Delta C_{p,298}^\circ = \text{const}$. Для этого рассчитываем изменением теплоемкости в реакции: $\overline{\Delta C_p} = 2 \cdot 29,58 + 29,37 - 2 \cdot 36,66 = 15,21 \text{ Дж/К}$, и затем тепловой эффект (энтальпию реакции): $\Delta_r H_{700}^\circ = 114,14 \cdot 10^3 + 15,21 (700-298) = 120,25 \text{ кДж}$.
72	Определить, какое количество теплоты нужно затратить на разложение 5 кг Na_2CO_3 , протекающее по уравнению $\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2,$ на основании следующих данных: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \text{ (кварц)} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2, \Delta_r H_1 = 81,04 \text{ кДж/моль}$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \text{ (кварц)} = \text{Na}_2\text{SiO}_3, \Delta_r H_2 = -243,17 \text{ кДж/моль}$. <i>Решение:</i> Используем термохимические уравнения и составляем термохимический цикл, вычитаем из первого термохимического уравнения второе: $\Delta_r H_x^\circ = 81,04 - (-243,17) = 324,21 \text{ кДж/моль}$. На разложение 5 кг Na_2CO_3 $\Delta_r H_x^\circ = 324,21 \cdot 5000/106 = 15293 \text{ кДж}$.
73	Рассчитать изменение энтропии 10 кг Br_2 при его нагревании от 173 до 373 К. Необходимые данные взять из справочника. <i>Решение:</i> Рассчитываем изменение энтропии процессов для 1 моль Br_2 . 1. Нагревание твердого Br_2 от 173 до 266 К, ему соответствует ΔS_1 . $\Delta S_1 = C_p^r \ln \frac{T_{\text{пл}}}{T_1} = 107,7 \ln \frac{266}{173} = 46,33 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$ 2. Плавление Br_2 , ему соответствует ΔS_2 . $\Delta S_2 = \frac{\Delta H_{\text{пл}}}{T_{\text{пл}}} = \frac{10600}{266} = 39,85 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$ 3. Нагревание жидкого Br_2 от 266 до 332 К, ΔS_3 . $\Delta S_3 = C_p^{\text{ж}} \ln \frac{T_{\text{к}}}{T_{\text{пл}}} = 73,7 \ln \frac{332}{266} = 16,33 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$ 4. Испарение Br_2 , ΔS_4 . $\Delta S_4 = \frac{\Delta H_{\text{исп}}}{T_{\text{к}}} = \frac{20700}{332} = 62,35 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$ 5. Нагревание газообразного Br_2 от 332 до 373 К, ΔS_5 . $\Delta S_5 = C_p^r \ln \frac{T_2}{T_{\text{к}}} = 36,0 \cdot \ln \frac{373}{332} = 4,19 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$ Рассчитываем суммарное изменение энтропии 1 моль Br_2 . $\Delta S' = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5$ $\Delta S' = 46,33 + 39,85 + 16,33 + 62,35 + 4,19 = 169,05 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$ Рассчитываем изменение энтропии 10 кг Br_2 . $\Delta S = \Delta S' \frac{10000}{159,8} = 10579,15 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$

74	<p>Используя справочные данные и уравнение Гиббса-Гельмгольца, сделать вывод о возможности самопроизвольного протекания реакции $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ при 101,3 кПа и 298 К.</p> <p><i>Решение:</i></p> <p>1. Рассчитываем тепловой эффект реакции при 298 К, $\Delta_r H_{298}^\circ = -110,53 + 241,81 - (-339,51) = 470,79 \text{ кДж/моль}$.</p> <p>2. Рассчитываем изменение энтропии реакции при 298 К по уравнению $\Delta_r S_{298}^\circ = (197,56 + 188,72) - (213,66 + 130,52) = 42,1 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.</p> <p>3. Рассчитываем изменение изобарно-изотермического потенциала (энергии Гиббса) реакции при 298 К: $\Delta_r G_{298}^\circ = 470790 - 298 \cdot 42,10 = 458,3 \text{ кДж/моль}$.</p> <p>Поскольку $\Delta_r G_{298}^\circ > 0$ самопроизвольное протекание реакции не возможно.</p>
75	<p>Известно, что при 0 °С удельная энтальпия плавления льда 333,5 Дж/г, удельные объемы жидкой и твердой воды равны $V_{\text{ж}} = 1,0002 \text{ см}^3/\text{г}$ и $V_{\text{т}} = 1,0908 \text{ см}^3/\text{г}$. Рассчитать изменение давления при изменении температуры плавления льда на 1 °.</p> <p><i>Решение:</i></p> <p>Для расчета изменения давления при изменении температуры фазового перехода используем уравнение Клаузиуса-Клапейрона:</p> $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{пл}} H}{T \cdot \Delta V_{\text{пл}}}$ <p>где $\Delta V_{\text{пл}}$ – изменение объема вещества при плавлении $\Delta V_{\text{пл}} = V_{\text{ж}} - V_{\text{т}} = 1,0002 - 1,0908 = -0,0906 \text{ см}^3/\text{г} = -9,06 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{г}$.</p> <p>Примем, что $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$ и тогда, $\Delta p = \frac{333,5}{273,15 \cdot (-9,06 \cdot 10^{-8})} \cdot 1 = -1,348 \cdot 10^7 \text{ Па/К}$.</p>
76	<p>Используя справочные данные оценить давление пара бензола при 25 °С.</p> <p><i>Решение.</i></p> <p>1. Выписываем из справочника температуру кипения бензола при давлении $p_1 = 101320 \text{ Па}$, $T_1 = 80,1 \text{ °С} = 353,25 \text{ К}$ и энтальпию испарения $\Delta_{\text{исп}} H = 31,1 \text{ кДж/моль}$. (Энтальпию испарения можно также рассчитать по правилу Трутона $\Delta_{\text{исп}} H = 88 \cdot 353,3 = 31,1 \text{ кДж/моль}$.)</p> <p>2. Рассчитываем давление пара бензола при 25 °С.</p> $\ln \frac{p_2}{101320} = \frac{31100}{8,31} \left(\frac{1}{353,25} - \frac{1}{298,15} \right)$ <p>$\ln p_2 = 9,565$ и $p_2 = e^{9,565} = 14257 \text{ Па}$.</p>
77	<p>Используя справочные данные, рассчитать константу равновесия реакции $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{COOH}(\text{г})$ при 298 К.</p> <p><i>Решение.</i></p> <p>Выписываем стандартные энергии Гиббса образования участников реакции ($\Delta_f G_{298,i}^\circ$) из справочника и рассчитываем изменение энергии Гиббса химической реакции при 298 К. $\Delta_r G_{298}^\circ = -376,68 - (-50,85 - 394,37) = 68,54 \text{ кДж/моль} = 68540 \text{ Дж/моль}$.</p> <p>Рассчитываем константу равновесия реакции K_p</p> $K_p = \exp\left(-\frac{\Delta_r G_{298}^\circ}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{68540}{8,31 \cdot 298}\right) = 9,55 \cdot 10^{-13}$.

78	<p>Используя справочные данные, рассчитать константы равновесия реакции $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{COOH}(\text{г})$ при 400 К.</p> <p><i>Решение.</i></p> <p>Выписываем стандартные энтальпии образования участников реакции ($\Delta_f H_{298,i}^\circ$) из справочника и рассчитываем изменение энтальпии химической реакции при 298 К ($\Delta_r H_{298}^\circ$):</p> $\Delta_r H_{298}^\circ = -434,84 - (-74,85 - 393,51) = 33,25 \text{ кДж/моль} = 33250 \text{ Дж/моль}.$ <p>Поскольку температура изменяется незначительно, можно принять, что тепловой эффект в интервале 298 – 400 К постоянен, тогда рассчитываем константу равновесия реакции K_p при 400 К.</p> $\ln K_{p,T_2} = \ln K_{p,T_1} + \frac{\Delta_r H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$ $\ln K_{p,400} = \ln 9,55 \cdot 10^{-13} + \frac{33250}{8,31} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{400} \right) = -24,25,$ $K_{p,400} = \exp(-24,25) = 2,93 \cdot 10^{-11}.$										
79	<p>Определить порядок и константу скорости реакции $2\text{NCl}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cl}_2$. Концентрации Cl_2 в плотительном растворе приведены в табл.</p> <table border="1" data-bbox="328 857 1147 958"> <thead> <tr> <th>Время t, мин</th> <th>4</th> <th>6</th> <th>22</th> <th>∞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Концентрация Cl_2, моль/дм³</td> <td>3,0</td> <td>3,9</td> <td>7,8</td> <td>8,55</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Решение.</i></p> <p>Предположим, что реакция первого порядка.</p> $k_1 = \frac{1}{4} \ln \frac{8,55}{8,55 - 3,0} = 0,108 \text{ мин}^{-1},$ $k_2 = \frac{1}{6} \ln \frac{8,55}{8,55 - 3,9} = 0,102 \text{ мин}^{-1},$ $k_3 = \frac{1}{22} \ln \frac{8,55}{8,55 - 7,8} = 0,111 \text{ мин}^{-1}.$ <p>Реакция 1-го порядка, так как константы скорости имеют статистическое отклонения от среднего значения.</p> <p>Рассчитаем константу скорости реакции, как среднеарифметическое значение:</p> $k = \frac{(0,108 + 0,102 + 0,111)}{3} = 0,107 \text{ мин}^{-1}.$	Время t , мин	4	6	22	∞	Концентрация Cl_2 , моль/дм ³	3,0	3,9	7,8	8,55
Время t , мин	4	6	22	∞							
Концентрация Cl_2 , моль/дм ³	3,0	3,9	7,8	8,55							
80	<p>Вычислить энергию активации (E_a) реакции $\text{PH}_3 \rightarrow \text{P}_2 + 3/2\text{H}_2$, если при температуре $T_1 = 953$ К константа скорости $k_1 = 0,0183$, а при $T_2 = 918$ К соответственно $k_2 = 0,0038$.</p> <p><i>Решение.</i></p> <p>1. Энергию активации рассчитываем по уравнению Аррениуса</p> $E_a = \frac{8,31 \cdot 953 \cdot 918 \cdot \ln(0,0183/0,0038)}{(953 - 918)} = 326507 \text{ Дж/моль}.$										

3.3.2. Шифр и наименование компетенции: ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения

№ задания	Формулировка задания (условие задачи)																																							
81	<p>Используя стандартные значения энтальпии образования, энтропии, энергии Гиббса образования для химической реакции (вариант X), например $2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}$ протекающей в газовой фазе, при заданной температуре (вариант У), например, 400 К и атмосферном давлении рассчитать изменение:</p> <ul style="list-style-type: none"> -энтальпии ($\Delta_r H^\circ$), -энтропии ($\Delta_r S^\circ$), -изобарно-изотермического потенциала ($\Delta_r G^\circ$). <p>Сделать выводы и обосновать: Будет ли протекать данная реакция в указанных условиях? Куда сместится равновесие химической реакции с ростом температуры?</p>																																							
82	<p>Для индивидуального вещества X известны зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности в твердом и жидком состояниях (вариант X). Например,</p> <table border="1" data-bbox="459 712 1345 1048" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="459 712 791 824">Твердое состояние</th> <th colspan="2" data-bbox="791 712 1134 824">Жидкое состояние</th> <th data-bbox="1134 712 1345 824" rowspan="2">Молярная масса (M), г/моль, плотности ($\rho_{\text{тв}}, \rho_{\text{ж}}$), кг/м³</th> </tr> <tr> <th data-bbox="459 824 624 853">T, К</th> <th data-bbox="624 824 791 853">p, Па</th> <th data-bbox="791 824 967 853">T, К</th> <th data-bbox="967 824 1134 853">T, К</th> <th data-bbox="1134 824 1345 853">p, Па</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="459 853 624 882">268,2</td> <td data-bbox="624 853 791 882">401,2</td> <td data-bbox="791 853 967 882">269,2</td> <td data-bbox="967 853 1134 882">505</td> <td data-bbox="1134 853 1345 882" rowspan="6">M = 18 $\rho_{\text{тв}} = 918$ $\rho_{\text{ж}} = 1010$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 882 624 911">269,2</td> <td data-bbox="624 882 791 911">437,2</td> <td data-bbox="791 882 967 911">272,2</td> <td data-bbox="967 882 1134 911">533,2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 911 624 940">270,2</td> <td data-bbox="624 911 791 940">475,9</td> <td data-bbox="791 911 967 940">273,2</td> <td data-bbox="967 911 1134 940">573</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 940 624 969">271,2</td> <td data-bbox="624 940 791 969">517,2</td> <td data-bbox="791 940 967 969">275,2</td> <td data-bbox="967 940 1134 969">656</td> </tr> <tr> <td data-bbox="459 969 624 999">272,2</td> <td data-bbox="624 969 791 999">533,3</td> <td data-bbox="791 969 967 999">278,2</td> <td data-bbox="967 969 1134 999">760</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="791 999 967 1028">283,2</td> <td data-bbox="967 999 1134 1028">982</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="791 1028 967 1057">288,2</td> <td data-bbox="967 1028 1134 1057">1 600</td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить графическую зависимость $\ln p = f(1/T)$ или описать с помощью уравнения вида $\ln p = a/T + b$ экспериментальные данные для равновесия жидкость \leftrightarrow пар и твердая фаза \leftrightarrow пар. 2. Определить координаты тройной точки ($T_{\text{тр.т.}}, p_{\text{тр.т.}}$). 3. Рассчитать среднюю теплоту испарения и возгонки. 4. Оценить температуру кипения вещества при нормальном давлении ($T_{\text{н.т.к.}}$). 5. Определить теплоту плавления вещества при температуре тройной точки. 6. Вычислить $\frac{dT}{dp}$ для процесса плавления при температуре тройной точки. 7. Вычислить температуру плавления вещества при давлении p (вариант У), например $p = 6,1 \cdot 10^5$ Па,. 8. Определить число термодинамических степеней свободы при следующих значениях температур и давлений, указав данные точки на графике: а) $T_{\text{тр.т.}}, p_{\text{тр.т.}}$; б) $T_{\text{н.т.к.}}, p_{\text{н.т.к.}} = 1,01 \cdot 10^5$ Па, в) $T_{\text{н.т.к.}}, p_{\text{тр.т.}}$. 	Твердое состояние		Жидкое состояние		Молярная масса (M), г/моль, плотности ($\rho_{\text{тв}}, \rho_{\text{ж}}$), кг/м ³	T, К	p, Па	T, К	T, К	p, Па	268,2	401,2	269,2	505	M = 18 $\rho_{\text{тв}} = 918$ $\rho_{\text{ж}} = 1010$	269,2	437,2	272,2	533,2	270,2	475,9	273,2	573	271,2	517,2	275,2	656	272,2	533,3	278,2	760			283,2	982			288,2	1 600
Твердое состояние		Жидкое состояние		Молярная масса (M), г/моль, плотности ($\rho_{\text{тв}}, \rho_{\text{ж}}$), кг/м ³																																				
T, К	p, Па	T, К	T, К		p, Па																																			
268,2	401,2	269,2	505	M = 18 $\rho_{\text{тв}} = 918$ $\rho_{\text{ж}} = 1010$																																				
269,2	437,2	272,2	533,2																																					
270,2	475,9	273,2	573																																					
271,2	517,2	275,2	656																																					
272,2	533,3	278,2	760																																					
		283,2	982																																					
		288,2	1 600																																					
83	<p>Газообразные вещества А и В реагируют с образованием газообразного вещества С по уравнению реакции, приведенному в таблице (вариант X). Например, $2\text{A} + \text{B} = 2\text{C}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выразить константы равновесия реакции K_x, K_p и K_c через равновесное количество вещества С равное n, если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при равновесном давлении в системе p, Па и температуре T, К, например T = 320 К. 2. Рассчитать K_p и K_c при температуре T, К; давлении p, Па и количестве вещества n, моль, приведенных в таблице (вариант У), например T = 320 К, $p = 9,05 \cdot 10^5$ Па, n = 0,65. 3. Рассчитать стандартную энергию Гиббса химической реакции и сделать вывод о возможности самопроизвольного протекания данной реакции. 4. Сделать вывод о влиянии на выход продукта химической реакции С увеличения давления. Ответ обосновать. 																																							

84	<p>Для водного раствора слабого электролита определено удельное сопротивление (r) при различных концентрациях и температуре 298 К (вариант X), например</p> <table border="1" data-bbox="400 241 1406 432"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Электролит</th> <th rowspan="2">Параметры</th> <th colspan="8">Удельное сопротивление r, Ом·м электролита при концентрации c, кмоль/м³ и температуре T, К</th> </tr> <tr> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>298</th> <th>313</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">HCN</td> <td>T</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>298</td> <td>313</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0,1</td> <td>0,05</td> <td>0,02</td> <td>0,01</td> <td>0,005</td> <td>0,003</td> <td>0,001</td> <td>0,001</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>r</td> <td>3,10</td> <td>4,37</td> <td>5,84</td> <td>10,1</td> <td>14,3</td> <td>18,3</td> <td>30,9</td> <td>30,9</td> <td>5,3</td> </tr> </tbody> </table> <p>На основании справочных и экспериментальных данных:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить графики зависимости удельной (χ) и молярной (λ) электрической проводимости от концентрации при 298 К. 2. Определить графически молярную электрическую проводимость при предельном разбавлении (λ_0). Сравнить полученное значение с табличной величиной. 3. Вычислить степень (α) и константу (K) диссоциации для каждой концентрации. Найти среднее значение константы диссоциации. 4. Рассчитать энергию Гельмгольца ($\Delta_d F$) диссоциации электролита при 298 К. 5. Рассчитайте рН раствора при концентрации U, кмоль/м³ (табл. 13). 6. Используя измеренные значения удельной электрической проводимости при другой температуре (столбец 11), рассчитать энтальпию диссоциации электролита ($\Delta_d H$). 	Электролит	Параметры	Удельное сопротивление r , Ом·м электролита при концентрации c , кмоль/м ³ и температуре T , К								298	298	298	298	298	298	298	298	313	HCN	T	298	298	298	298	298	298	298	298	313	C	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,003	0,001	0,001	0,1	r	3,10	4,37	5,84	10,1	14,3	18,3	30,9	30,9	5,3
Электролит	Параметры			Удельное сопротивление r , Ом·м электролита при концентрации c , кмоль/м ³ и температуре T , К																																															
		298	298	298	298	298	298	298	298	313																																									
HCN	T	298	298	298	298	298	298	298	298	313																																									
	C	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,003	0,001	0,001	0,1																																									
	r	3,10	4,37	5,84	10,1	14,3	18,3	30,9	30,9	5,3																																									
85	<p>Экспериментально определены зависимости констант скорости реакций от температуры (вариант X; подстрочный индекс константы скорости указывает на порядок реакции). Например</p> <table border="1" data-bbox="509 987 1297 1149"> <thead> <tr> <th colspan="5">Экспериментальные данные</th> </tr> <tr> <th>Реакция</th> <th colspan="4">Разложение ацетондикарбоновой кислоты в водном растворе</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T, К</td> <td>273</td> <td>293</td> <td>313</td> <td>333</td> </tr> <tr> <td>$k_i \cdot 10^5$</td> <td>2,46</td> <td>47,5</td> <td>576</td> <td>5480</td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить графическую зависимость в координатах $\ln k = f(1/T)$. 2. Определить энергию активации реакции и предэкспоненциальный множитель для указанной реакции. 3. Определить температурный коэффициент скорости реакции γ. 4. Рассчитать константу скорости реакции при температуре T, К (вариант Y), например 300 К и найти через какое время при данной температуре реакция завершится на 40 %. 5. Установить, чему равен период полураспада при 298 К. 	Экспериментальные данные					Реакция	Разложение ацетондикарбоновой кислоты в водном растворе				T , К	273	293	313	333	$k_i \cdot 10^5$	2,46	47,5	576	5480																														
Экспериментальные данные																																																			
Реакция	Разложение ацетондикарбоновой кислоты в водном растворе																																																		
T , К	273	293	313	333																																															
$k_i \cdot 10^5$	2,46	47,5	576	5480																																															

Критерии и шкалы оценки:

Параметр	оценка
Обучающийся ответил на все вопросы, допустил не более 1 ошибки в ответе	отлично
Обучающийся ответил на все вопросы, допустил более 1, но менее 3 ошибок	хорошо
Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ не допустил ошибки	удовлетворительно
Обучающийся ответил не на все вопросы, допустил более 5 ошибок	неудовлетворительно

3.4 Экзамен (зачет)

3.4.1 Шифр и наименование компетенции ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

3.4.2 Шифр и наименование компетенции ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения

Вопросы (задачи, задания) для экзамена

Номер вопроса	Текст вопроса (задачи, задания)
86	Основные понятия химической термодинамики. Система, равновесное состояние и термодинамический процесс. Экстенсивные и интенсивные свойства. Функции состояния и функции процесса. Может ли термодинамическая величина, являющаяся, в общем случае, функцией процесса, приобретать свойства функции состояния? При положительном ответе приведите примеры.
87	Первое начало термодинамики. Формулировки 1-го начала термодинамики Внутренняя энергия системы. Теплота и работа как формы передачи энергии. Взаимосвязь этих величин в изохорном, изобарном и изотермическом процессах.
88	Уравнения первого начала термодинамики с калорическими коэффициентами для систем, в которых внутренняя энергия является функцией объема и температуры; функцией давления и температуры. Применение этих уравнений к идеальному газу.
89	Теплоемкость. Изохорная и изобарная теплоемкости. Связь между ними для идеального газа. Молярная и удельная теплоемкости. Истинная и средняя теплоемкости и связь между ними. Зависимость изобарной теплоемкости от температуры для веществ в кристаллическом, жидком и газообразном состоянии.
90	Внутренняя энергия и энтальпия системы, их взаимосвязь. Зависимость внутренней энергии и энтальпии вещества от температуры. Интегрирование соответствующих уравнений.
91	Частные случаи 1-ого закона термодинамики применительно к изобарному, изотермическому, изохорному и адиабатическому процессам в идеальных газах. Теплота, работа и внутренняя энергия этих процессов.
92	Термохимия. Закон Гесса и его термодинамическое обоснование. Связь тепловых эффектов химической реакции при постоянном давлении и постоянном объеме.
93	Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса, следствия из закона Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания химических соединений. Их использование для расчета тепловых эффектов химических процессов. Как на основании экспериментальной величины стандартной теплоты сгорания какого-либо вещества рассчитать стандартную теплоту его образования? Какие дополнительные сведения необходимы для этого?
94	Вывод и анализ уравнения Кирхгофа. Использование интегральных форм уравнения для вычисления тепловых эффектов химических процессов при заданной температуре (в том числе стандартной теплоты образования при $T \neq 298\text{K}$).
95	Тепловой эффект химической реакции как функция температуры, уравнение Кирхгофа. Характер кривых $\Delta H = f(T)$ в зависимости от вида кривых $\sum v_i c_{P,i} = f(T)$ для исходных и конечных веществ.
96	Термодинамически обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Формулировки и математическое выражение второго начала термодинамики.
97	Второе начало термодинамики. Математическое выражение 2-го закона термодинамики для обратимых процессов, полученное методом Карно-Клаузиуса.
98	Второе начало термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых процессах. Принцип Каратеодори. Метод Каратеодори.
99	Второе начало термодинамики для необратимых процессов. Изменение энтропии в необратимом процессе.
100	Второе начало термодинамики, математическое выражение для обратимых и необратимых (самопроизвольных) процессов. Энтропия как критерий равновесия и направления самопроизвольного протекания процесса в изолированной системе.
101	Постулат Планка. Аналитический и графический методы определения абсолютной стандартной энтропии вещества.
102	Постулат Планка. Расчет абсолютной энтропии индивидуального вещества на основании постулата Планка в стандартных условиях ($p=1\text{ атм}$). Как найти энтропию газообразного вещества при $T \neq 298\text{K}$ и $P \neq 1\text{ атм}$?

103	Энтропия, изменение энтропии в термодинамических процессах с участием идеального газа. Зависимость энтропии от температуры и давления. Изменение энтропии в процессе смешения идеальных газов.
104	Изменение энтропии в фазовых переходах и химических реакциях при различных температурах.
105	Зависимость энтропии индивидуального вещества от температуры при постоянном давлении. Приведите соответствующее дифференциальное уравнение. Схематически изобразите график этой зависимости в широком температурном интервале, включающем температуры плавления и кипения вещества.
106	Объединенное уравнение I и II законов термодинамики. Теория характеристических функций. Термодинамические потенциалы. Термодинамические потенциалы различных изо процессов. Внутренняя энергия, энтальпия, энергия Гельмгольца, энергия Гиббса.
107	Изохорно-изоэнтропийных процесс. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал.
108	Изобарно-изоэнтропийных процесс. Энтропия как термодинамический потенциал.
109	Изобарно-изотермический процесс. Энергия Гиббса как термодинамический потенциал. Зависимость энергии Гиббса от температуры и давления. Графическое представление и анализ указанных зависимостей.
110	Изохорно-изотермический процесс Энергия Гельмгольца как термодинамический потенциал. Зависимость энергии Гельмгольца от ее естественных переменных (V и T). Графическое представление указанных зависимостей.
111	Энтропия, энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии состояния равновесия и направления процессов.
112	Расчет изменения энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в различных процессах. Соотношения Максвелла.
113	Термодинамические потенциалы идеального газа и смешения идеальных газов.
114	Применение таблиц стандартных термодинамических величин для расчета термодинамических потенциалов химических реакций.
115	Элементы статистической термодинамики. Микро- и макросостояния термодинамической системы. Термодинамическая вероятность системы. Основные постулаты статистической термодинамики.
116	Взаимосвязь между энтропией и термодинамической вероятностью.
117	Статистическая сумма по состояниям. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций - внутренней энергии, энтропии, энергии Гельмгольца, энергии Гиббса, теплоемкости и химического потенциала
118	Основные виды, понятия и определения сложных термодинамических систем. Фаза. Раствор. Компонент.
119	Свойства идеальных (совершенных) растворов.
120	Химический потенциал, его определение и практическое значение.
121	Химический потенциал индивидуального идеального газа.
122	Основы термодинамики растворов. Парциальные молярные свойства компонента раствора определение и математическое выражение.
123	Уравнение Гиббса-Дюгема. Вывод и анализ
124	Использование уравнения Гиббса-Дюгема для нахождения интегрального свойства раствора.
125	Методы определения парциальных молярных свойств. Определение парциальных молярных величин компонентов раствора из экспериментальных зависимостей экстенсивного свойства раствора от концентрации.
126	Условие термодинамического равновесия в растворах.
127	Термодинамика идеальных растворов. Химический потенциал компонента идеального газового раствора.
128	Химический потенциал компонента идеального жидкого раствора.
129	Изменение термодинамических функций при образовании идеального раствора. Функции смешения
130	Термодинамика реальных растворов. Метод активности для термодинамики реальных растворов.
131	Химический потенциал компонента реального газового раствора. Летучесть. Коэффициент летучести.
132	Химический потенциал компонента реального жидкого раствора. Активность. Коэффициент активности.
133	Физический смысл летучести, активности и коэффициента активности.
134	Экспериментальное определение коэффициента активности компонента раствора..

135	Реальные растворы. Уравнение Дюгема–Маргулеса.
136	Выбор стандартного состояния в реальных растворах
137	Условие равновесия в гетерогенных системах. Теорема Гиббса. Правило фаз Гиббса.
138	Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.
139	Уравнение состояния однокомпонентных двухфазных систем Клаузиуса-Клапейрона. Вывод и анализ для любых уравнения фазовых переходов
140	Уравнение состояния однокомпонентных двухфазных систем Клаузиуса-Клапейрона. Вывод и анализ для испарения и возгонки.
141	Интегральные формы уравнение состояния однокомпонентных систем Клаузиуса-Клапейрона.
142	Аналитические и графические методы расчета среднего значения теплоты испарения и теплоты возгонки.
143	Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды при средних давлениях и температурах. Охарактеризуйте фазовые поля и линии на диаграмме. Каким уравнением описываются все три кривые на диаграмме?
144	Виды фазовых переходов в однокомпонентных системах. Фазовые превращения первого и второго рода.
145	Диаграмма состояния серы. Энантиотропный фазовый переход.
146	Диаграмма состояния фосфора. Монотропный фазовый переход
147	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Методы описания гетерогенных равновесий.
148	Диаграммы фазового равновесия. Общие понятия.
149	Фазовое равновесие твердое тело-жидкость в двухкомпонентных системах. Основы физико-химического анализа. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем.
150	Принципы физико-химического анализа. Построение диаграмм состояния по данным термического анализа.
151	Диаграммы состояния с полным отсутствием растворимости компонентов в твердой фазе.
152	Диаграмма с конгруэнтно плавящимся химическим соединением.
153	Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердой фазе с эвтектикой.
154	Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердой фазе с перетектикой.
155	Диаграмма химического соединения, образующего твердый раствор.
156	Диаграмма состояния сплавов с неограниченной взаимной растворимостью компонентов в обоих фазах. Типы твердых растворов.
157	Фазовые равновесия твердое тело – жидкость. Растворимость твердых тел. Уравнение Шредера. Условия его применимости.
158	Фазовое равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Закон Рауля.
159	Зависимость давления насыщенного пара от состава раствора, закон Рауля. Термодинамическое обоснование закона Рауля. Идеальные растворы.
160	Виды диаграмм состояния в двухкомпонентных системах жидкость-пар: $p - x, y$; $T - x, y$; $p_1, p_2, p - x$; $x - y$.
161	Равновесие «идеальный раствор – пар». Закон Рауля, графическая интерпретация. Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля.
162	Идеальные растворы. Законы Рауля и Дальтона. Взаимосвязь составов паровой и жидкой фаз, диаграмма кипения для идеального раствора
163	Основы разделения летучих смесей. Первый закон Коновалова.
164	Анализ диаграмм кипения «давление-состав» «температура-состав» и «состав пара-состав жидкости» для систем, образующих азеотроп. Второй закон Коновалова
165	Растворы газов в жидкостях. Закон Генри, его применимость для описания зависимости давления насыщенного пара от состава раствора. Изменение растворимости газов в растворах электролитов.
166	Ограниченно смешивающиеся жидкости. Фазовые равновесия жидкость – жидкость.
167	Ограниченная взаимная растворимость жидкостей. Диаграмма «температура – состав» для системы с верхней критической температурой растворения.
168	Фазовое равновесие жидкость-жидкость в двухкомпонентных системах.
169	Фазовое равновесие жидкость-жидкость в трехкомпонентных системах. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем.
170	Распределение вещества между двумя несмешивающимися жидкостями. Закон распределения Нернста. Экстракция

171	Коллигативные свойства растворов нелетучих веществ: понижение давления пара растворителя, эбуллиоскопия, криоскопия, осмос. Общие понятия. Взаимосвязь коллигативных свойств.
172	Краткая характеристика химического равновесия. Закон действующих масс. Кинетический вывод закона
173	Понятие о химической переменной. Основные количественные характеристики химического равновесия: константа химического равновесия, степень превращения, равновесный выход. Поясните смысл этих величин на примере конкретных химических реакций
174	Эмпирические константы равновесия K_p , K_c и K_x (для реакций в идеальных системах). Способы выражения эмпирической константы химического равновесия. Связь между эмпирическими константами равновесия
175	Химическое сродство. Вывод и анализ уравнения изотермы химической реакции.
176	Направление протекания химического процесса при заданных начальных условиях
177	Изотерма химической реакции в стандартных условиях
178	Химическое равновесие в реальных системах. Термодинамические константы равновесия, связь их с эмпирическими константами.
179	Особенности химического равновесия в гетерогенных системах. Примеры выражения константы химического равновесия для гетерогенных реакций.
180	Прямые и косвенные методы определения констант химического равновесия
181	Зависимость энергии Гиббса и энергии Гельмгольца химической реакции от температуры. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Связь ΔG^0 и ΔF^0 химической реакции.
182	Приближенное и уточненное интегрирование уравнения изобары. Константа химического равновесия, ее зависимость от температуры
183	Расчет тепловых эффектов химических реакций по данным о химическом равновесии.
184	Константа химического равновесия. Влияние общего давления на равновесный выход продуктов реакции
185	Третье начало термодинамики. Тепловая теорема Нернста и следствия из нее
186	Основные понятия электрохимии. Растворы электролитов и гальванические элементы
187	Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Основные причины, вызывающие диссоциацию растворенных веществ на ионы в растворе
188	Термодинамическая константа диссоциации и степень диссоциации электролита, зависимость этих характеристик от различных факторов. Вывод и анализ закона разведения Оствальда для электролита валентного типа 1:1. Влияние концентрации и температуры на константу диссоциации и степень диссоциации слабых электролитов
189	Явление сольватации в растворах электролитов. Гидратация
190	Термодинамическое описание свойств растворов сильных электролитов. Активность растворов электролитов. Средняя ионная активность и коэффициент активности. Связь активности электролита со средними ионными активностями и средними ионными коэффициентами активности
191	Ионная сила раствора. Правило ионной силы
192	Электростатическая теория сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Предельный закон Дебая-Хюккеля. Расчет активностей, средних ионных активностей и средних ионных коэффициентов активности
193	Электрическая проводимость растворов электролитов. Удельная (κ) и молярная (λ) электрические проводимости, взаимосвязь между ними
194	Влияние концентрации на электрическую проводимость сильных и слабых электролитов
195	Природа сил торможения при движении ионов в растворах сильных электролитов. Электрофоретический и релаксационные эффекты в растворах электролитов
196	Закон независимого движения ионов Кольрауша
197	Скорость движения, абсолютная скорость движения (подвижность) иона. Влияние природы иона и природы растворителя на подвижность иона. Связь предельной молярной электрической проводимости иона с его абсолютной скоростью движения (подвижностью).
198	Подвижность и числа переносов ионов. Числа переноса ионов в растворе данного электролита, их связь с электрической проводимостью ионов. Эстафетный механизм переноса электрического тока ионами гидроксония и гидроксила
199	Методы определения молярной электрической проводимости растворов слабых и сильных электролитов при бесконечном разведении
200	Связь молярной электрической проводимости с абсолютными скоростями движения (подвижностями) ионов. Коэффициент электрической проводимости
201	Измерение электролитической проводимости как метод исследования термодинамических свойств растворов электролитов и ионных равновесий. Определение степени и константы

	диссоциации слабых электролитов
202	Понятие электрохимического потенциала. Возникновение скачка потенциала на границе раздела проводников I и II рода.
203	Возникновение ЭДС и правила записи гальванического элемента. Условная запись электрода, гальванического элемента. Правильно разомкнутый гальванический элемент. Определение знаков электродов гальванического элемента и направления протекания электродного процесса
204	Запись уравнения реакции, протекающей в гальваническом элементе, определение ее направления. Уравнение Нернста для различных электродов и гальванического элемента
205	Термодинамика гальванического элемента
206	Возникновение скачка потенциала на границе металл-раствор. Уравнение Нернста для электродного потенциала
207	Электрод. Классификация электродов.
208	Электроды первого рода. Вывод и анализ уравнения, связывающего потенциал электрода с активностями потенциалопределяющих ионов
209	Электроды первого рода, обратимые по катиону: определение, примеры, уравнение, связывающее потенциал электрода с активностями веществ, участников электродной полуреакции (уравнение Нернста)
210	Газовые электроды. Вывод и анализ уравнения, выражающего зависимость потенциала водородного электрода от активности водородных ионов и давления молекулярного водорода. Область применения водородного электрода.
211	Окислительно-восстановительные электроды. Приведите пример, электродную реакцию и уравнение Нернста для расчёта потенциала электрода <i>ox/red</i> – электрода указанного типа.
212	Электроды второго рода. Приведите пример электрода второго рода. Запишите электродную реакцию и уравнение Нернста для выбранного электрода. Влияние концентрации потенциалопределяющих ионов, pH и ионной силы раствора на потенциал электрода
213	Диаграмма преобладающих форм в координатах E–pH.
214	Гальванический элемент. Классификация гальванических элементов. Химические цепи без переноса и с переносом. Концентрационные цепи без переноса и с переносом. Расчет ЭДС химических и концентрационных гальванических элементов
215	Химические гальванические элементы, понятие и примеры. Зависимость ЭДС от активностей участников электрохимической реакции, протекающей в гальваническом элементе. Вывод и анализ уравнения Нернста.
216	Химические гальванические элементы. Приведите пример гальванического элемента, составленного из электродов первого и второго рода, электрохимическая цепь без переноса. Запишите уравнения электродных полуреакций и уравнение химической реакции, самопроизвольно протекающей при включении данного гальванического элемента во внешнюю цепь.
217	Химические гальванические элементы. Приведите пример элемента, составленного из газового электрода и электрода первого рода, электрохимическая цепь с переносом. Зависимость ЭДС элемента от давления газообразного участника реакции, протекающей в элементе.
218	Химические цепи с переносом. Уравнение Нернста для расчёта ЭДС гальванического элемента составленного из газового и окислительно-восстановительного электродов. Влияние pH на ЭДС элемента
219	Химические цепи без переноса (приведите пример). Зависимость ЭДС химических цепей без переноса от активности потенциалопределяющих ионов в растворе. Вывод и анализ уравнения Нернста
220	Концентрационные гальванические элементы, составленные из двух электродов первого рода, электрохимическая цепь с переносом. Уравнение Нернста для расчета ЭДС элемента
221	Диффузионный потенциал. Расчет диффузионного потенциала гальванического элемента с переносом и двумя растворами бинарного электролита различной активности
222	Зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры. Электрохимическая форма уравнения Гиббса-Гельмгольца, вывод и анализ уравнения. Температурный коэффициент ЭДС .
223	Скорость гомогенной химической реакции. Факторы, влияющие на эту величину. Каким образом скорость реакции, связана со скоростями этой реакции, определенными по другим реагентам?
224	Основной постулат химической кинетики. Константа скорости реакции, зависимость ее размерности от порядка реакции. Зависит ли константа скорости от концентрации реагентов и температуры и если да, то каким образом? Приведите соответствующие математические выражения.

225	Определение терминов «частный порядок», «полный порядок», «молекулярность» химической реакции. Связаны ли между собой молекулярность и порядок реакции, если да, то каким образом и в каком случае?
226	Основные постулаты и принципы химической кинетики. Их использование при составлении кинетических уравнений
227	Кинетика односторонней гомогенной реакции нулевого порядка. Приведите дифференциальную и интегральную формы кинетического уравнения односторонней гомогенной реакции нулевого порядка. Изобразите кинетические кривые для исходного вещества и продуктов реакции. Дайте определение термина "время полупревращения"
228	Кинетика односторонней гомогенной реакции первого порядка. Приведите дифференциальную и интегральную формы кинетического уравнения односторонней гомогенной реакции первого порядка. Изобразите схематически кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции, а также приведите математические выражения, описывающие ход этих кривых. Укажите координаты, в которых зависимость, соответствующая кинетической кривой, линеаризуется. Определение константы скорости из экспериментальных данных (графический метод)
229	Кинетика односторонней гомогенной реакции второго порядка (концентрации компонентов в момент начала реакции одинаковы). Приведите дифференциальную и интегральную формы кинетического уравнения. Изобразите кинетическую кривую для исходного вещества. Укажите координаты, в которых зависимость, соответствующая кинетической кривой, линеаризуется. Определение константы скорости из экспериментальных данных (графический метод)
230	Кинетика односторонней гомогенной реакции второго порядка (концентрации исходных веществ в момент начала реакции различаются). Приведите дифференциальную и интегральную формы кинетического уравнения
231	Вывод и анализ кинетического уравнения для необратимой гомогенной реакции n-го порядка, протекающей при постоянных температуре и объеме, для случая, когда концентрации исходных веществ одинаковы. Изобразите схематически кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции
232	Метод избытка (изоляции) Оствальда и его применение для определения частных порядков реакции. Понятие интегральных и дифференциальных методов определения порядка реакции
233	Дифференциальные методы определения порядка химической реакции. Для определения частного порядка кинетическое уравнение реакции должно быть предварительно формально приведено к виду $-\frac{dC}{d\tau} = kC^n$. Какие практические приемы (условия проведения опыта) позволяют сделать это применительно к односторонней гомогенной реакции?
234	Интегральные методы нахождения порядка реакции. Метод подбора кинетического уравнения
235	Интегральные методы нахождения порядка реакции. Метод определения по времени протекания реакции, в частности по времени полупревращения
236	Обратимые реакции первого порядка. Вывод и анализ кинетического уравнения обратимой двухсторонней реакции первого порядка. Система дифференциальных уравнений, описывающих скорости элементарных стадий и процесса в целом. Кинетические кривые для исходного вещества и продукта реакции для случая, когда константа равновесия обратимой реакции $K > 1$. Определение констант скоростей k_1 и k_2
237	Параллельные химические реакции первого порядка. Запишите систему дифференциальных кинетических уравнений, описывающую параллельные гомогенные реакции первого порядка $A \xrightarrow{k_1} B$, $A \xrightarrow{k_2} D$. Вывод и анализ кинетических уравнений. Определение констант скоростей k_1 и k_2 . Изобразите схематически на одном графике кинетические кривые для всех участников процесса для случая, когда $k_1 \approx 2k_2$
238	Последовательные реакции 1-го порядка $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$. Дифференциальные кинетические уравнения и кинетические кривые для исходного реагента, промежуточного вещества и продукта реакции. Как связаны между собой время достижения максимальной концентрации промежуточного вещества, и время, соответствующее точке перегиба на кривой изменения концентрации продукта реакции со временем? Период индукции. Лимитирующая стадия.
239	Суть метода (квази)стационарных состояний (метод квазистационарных концентраций). Для каких химических реакций он применяется и с какой целью. Какой режим протекания реакции называется стационарным?

240	Влияние температуры на скорость химической реакции. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент константы скорости реакции (коэффициент Вант-Гоффа), характер его изменения с повышением температуры
241	Влияние температуры на скорость химических реакций. Уравнение Аррениуса, его обоснование, дифференциальная и интегральная формы. Энергетическая диаграмма акта химического взаимодействия. Связь энергий активации с тепловым эффектом реакции. Физический смысл энергии активации реакции.
242	Основные положения и этапы вывода кинетического уравнения теории активных (бинарных) соударений (ТАС). Приведите основное уравнение теории для случая взаимодействия различных молекул. Предэкспоненциальный множитель (фактор соударений) в рамках ТАС.
243	Механизм активации молекул в рамках теории активных (бинарных) соударений. Скорость и константа скорости бимолекулярной реакции. Предэкспоненциальный множитель (фактор соударений), его зависимость от молекулярных констант реагентов и температуры
244	Стерический фактор, необходимость его введения в кинетическое уравнение теории ТАС. Каково его толкование? Достоинства и недостатки ТАС.
245	Мономолекулярные газовые реакции в теории активных соударений. Схема Линдемана. Механизм активации. Поясните, почему при низких давлениях мономолекулярные реакции протекают по 2-ому порядку?
246	Стерический фактор (множитель). Его смысл в соответствии с теориями бинарных соударений и активированного комплекса. Может ли стерический множитель принимать значения $p > 1$. Ответ поясните.
247	Реакции термического разложения некоторых органических веществ в газовой фазе являются мономолекулярными. Однако они протекают по первому порядку лишь при средних или высоких парциальных давлениях реагента, тогда как при малых парциальных давлениях реагента подчиняются кинетическим закономерностям, характерным для реакций второго порядка. Как объясняются эти экспериментальные данные?
248	Основные положения теории переходного состояния. Поверхность потенциальной энергии, профиль пути реакции, координата реакции. Смысл предэкспоненциального множителя и энергии активации с позиций данной теории. Энтальпия активации реакции
249	Основные положения теории переходного состояния (активированного комплекса), кинетическая схема химической реакции. Активированный комплекс и его свойства. Термодинамическая форма кинетического уравнения теории. Введение в теоретическое уравнение экспериментальной величины энергии активации
250	Основные положения теории переходного состояния. Изобразите профиль пути реакции и дайте соответствующие пояснения
251	Теория переходного состояния. Столкновение предэкспоненциального множителя и стерического фактора в рамках теории переходного состояния. Достоинства и недостатки теории
252	Общие особенности, обязательные стадии гетерогенных реакций
253	Понятие фотохимических реакций. Механизм активации. Закон фотохимии. Первичные фотохимические реакции. Фотофизические (деактивационные) процессы. Вторичные (темновые) химические реакции. В соответствии с законом Эйнштейна квантовый выход фотохимической реакции должен равняться единице. Почему для некоторых фотореакций он оказывается < 1 ? Квантовый выход фотохимической реакции.
254	Катализ, определение. Общие закономерности, свойства и принципы каталитических реакций
255	Механизмы взаимодействия реагентов с активным центром катализатора. Основные стадии каталитической реакции. Основные положения теории Кобозева – Шпитальского
256	Особенности гомогенного катализа. Вывод и анализ кинетического уравнения для бимолекулярной реакции. Энергетические диаграммы для различных механизмов каталитического действия
257	Общий и специфический кислотно-основной катализ, общие представления. Эффективная константа скорости реакции, катализируемой веществами, обладающими кислотными и основными свойствами. Основные положения протолитической теории Бренстеда
258	Общие закономерности гетерогенных каталитических реакций. Механизм и стадии гетерогенного катализа. Влияние концентрации реагента в объеме и у поверхности на скорость каталитической реакции
259	Общие закономерности гетерогенных каталитических реакций. Основы мультиплетной теории гетерогенного катализа
260	Особенности ферментативного катализа. Свободные и иммобилизованные ферменты. Уравнение Михаэлиса — Ментен

Критерии и шкалы оценки:

Параметр	оценка
Обучающийся ответил на все вопросы, допустил не более 1 ошибки в ответе	отлично
Обучающийся ответил на все вопросы, допустил более 1, но менее 3 ошибок	хорошо
Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ не допустил ошибки	удовлетворительно
Обучающийся ответил не на все вопросы, допустил более 5 ошибок	неудовлетворительно

3.5 Курсовая работа

3.5.1 Шифр и наименование компетенции ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

3.5.2 Шифр и наименование компетенции ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения

№ задания	Примерные темы курсовой работы
261	Межфазное распределение 4-нитрофенола между почвами и различными растворами
262	Сорбция ионов переходных металлов на аминокарбоксильном ионообменнике
263	Гидратация ионообменника PurolitS930 в различных ионных формах
264	Адсорбция нафтолов и фенолов полимером на основе N-виниламида
265	Характеристики сорбции органических веществ в тонких пленках, нанесенных в различных условиях
266	Определение констант устойчивости комплексов меди(II) и никеля(II) с пептидом
267	Кинетика гидратации полисахаридов
268	Сорбция паров водных растворов органических соединений на пенополеуретане
269	Равновесия в водных растворах ПАВ – адсорбенты различной природы
270	Равновесные и динамические характеристики сорбции неорганических анионов высокоосновными ионообменниками
271	Характеристики межфазного распределения ароматических кислот между водными растворами и N-поливинилпирролидоном (поли-N-винилкапролактамом)
272	Характеристики микрофаз неорганических соединений на основе переходных металлов для микровзвешивания электронодонорных соединений
273	Сорбция паров легколетучих органических соединений на наноструктурированных фазах
274	Дегидратация растворов солей и белков с применением пьезокварцевого микровзвешивания
275	Сорбция легколетучих компонентов авиационных керосинов на импрегнированном пенополиуретане
276	Сорбция гваякола и фенола на силикагеле из многокомпонентного растворителя
277	Влияние условий на окисление липидных композитов
278	Сорбция фенола и 4-нитрофенола на инкапсулированных магнитных частицах из водных растворов
279	Межфазное распределение метилпарабена в системе «вода-алифатические спирты»
280	Методика расчета параметров разделения компонентов на ионообменной колонке

Критерии и шкалы оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент выполнил самостоятельно всю необходимую работу, активно участвовал в обсуждении, подготовил презентацию и доклад для защиты, ответил на все вопросы;

- оценка «хорошо», если студент выполнил самостоятельно всю необходимую работу, участвовал в обсуждении, подготовил презентацию и доклад для защиты, ответил большую часть вопросов;
- оценка «удовлетворительно», если студент выполнил самостоятельно часть работы, был безынициативен в обсуждении, подготовил презентацию и доклад для защиты, не ответил на большую часть вопросов;
- оценка «неудовлетворительно», если работа выполнена не самостоятельно. Не подготовлен доклад и презентация.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Экзамен по дисциплине выставляется в ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

Процентная шкала 0-100 %;

85-100% - отлично (задания выполнены в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, проявлен творческий подход, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы; работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета);

75- 84,99% - хорошо (задания выполнены в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета; б) или не более двух недочетов);

60-74,99% - удовлетворительно (задания выполнены в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала; выполнено не менее половины работы или допущены в ней а) не более двух грубых ошибок, б) не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) не более двух-трех негрубых ошибок, г) одна негрубая ошибка и три недочета, д) при отсутствии ошибок, 4-5 недочетов);

0-59,99% - неудовлетворительно (число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий).

Рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем является текущий опрос в виде отчета по лабораторной работе, выполнения аудиторной контрольной работы, сдачи коллоквиума, выполнение расчетно-практической работы, коллоквиум оценивается по бальной системе.

Студент, набравший в семестре менее 30 баллов может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до экзамена.

Обучающийся, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил

всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена после отработки обязательных видов работ.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене не учитывается.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<i>Шифр и наименование компетенции ОПК-1 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</i>					
Знать	роль физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого для анализа методики анализа научной информации и результатов химических экспериментов, наблюдений и измерений основы химической термодинамики, химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии.	Знает роль физической химии как теоретического фундамента современной химии, необходимого для анализа методики анализа научной информации и результатов химических экспериментов, наблюдений и измерений основы химической термодинамики, химической кинетики и катализа, механизма химических реакций, электрохимии.	Обучающийся демонстрирует высокий уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует хороший уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся демонстрирует удовлетворительный уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует знание основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)
Уметь	проводить эксперимент по заданной тематике, систематизировать	Умеет проводить эксперимент по заданной тематике, систематизировать	Обучающийся уверенно применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, глубоко обобщает и делает выводы по	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)

	результаты измерений и расчетов интерпретировать результаты экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ физической химии проводить поиск и анализ научной информации, формулировать на их основе выводы и предложения	результаты измерений и расчетов интерпретировать результаты экспериментальных и расчетных работ с использованием теоретических основ физической химии проводить поиск и анализ научной информации, формулировать на их основе выводы и предложения	результатам работ		
			Обучающийся применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, хорошо обобщает и делает выводы по результатам работ	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся неуверенно применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, обобщает и делает выводы по результатам работ с помощью преподавателя	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)
			Обучающийся не применяет полученные навыки при выполнении лабораторных работ и/или не обобщает и не делает выводы по результатам работ.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)
Владеть	базовыми знаниями физической химии, достаточными для анализа результатов химического эксперимента и расчета, навыками применения основных законов физической химии при обсуждении полученных результатов, основами обработки и анализа научной информации и формулировки на их основе заключения и выводы	Демонстрирует владение базовыми знаниями физической химии, достаточными для анализа результатов химического эксперимента и расчета, навыками применения основных законов физической химии при обсуждении полученных результатов, основами обработки и анализа научной информации и формулировки на их основе заключения и выводы	Обучающийся демонстрирует навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует основные навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся демонстрирует некоторые навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)

Шифр и наименование компетенции ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения

Знать	физико-химические модели и основы обработки экспериментальных данных с использованием законов и уравнений физической химии, области применения стандартного программного обеспечения и специализированных химических баз данных при решении физико-химических задач	Знает физико-химические модели и основы обработки экспериментальных данных с использованием законов и уравнений физической химии, области применения стандартного программного обеспечения и специализированных химических баз данных при решении физико-химических задач	Обучающийся демонстрирует высокий уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует хороший уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся демонстрирует удовлетворительный уровень знаний основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует знание основных понятий и законов физической химии, необходимых для решения профессиональных задач.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)
Уметь	применять законы физики и методов математики в физической химии как теоретического фундамента современной химии. использовать специализированные базы данных при решении задач по физической химии	Умеет физико-химические модели и основы обработки экспериментальных данных с использованием законов и уравнений физической химии, области применения стандартного программного обеспечения и специализированных химических баз	Обучающийся уверенно применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, глубоко обобщает и делает выводы по результатам работ	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)
			Обучающийся применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, хорошо обобщает и делает выводы по результатам работ	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся неуверенно применяет полученные навыки при решении задач и выполнении лабораторных работ, обобщает и делает выводы по	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)

		данных при решении физико-химических задач	результатам работ с помощью преподавателя		
			Обучающийся не применяет полученные навыки при выполнении лабораторных работ и/или не обобщает и не делает выводы по результатам работ.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)
Владеть	навыками использования теоретических и полуэмпирических моделей при решении физико-химических задач, стандартным программным обеспечением при решении типовых задач физической химии	Демонстрирует владение навыками использования теоретических и полуэмпирических моделей при решении физико-химических задач, стандартным программным обеспечением при решении типовых задач физической химии	Обучающийся демонстрирует навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	отлично /85-100%	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует основные навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	хорошо/75- 84,99%	Освоена (базовый)
			Обучающийся демонстрирует некоторые навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	удовлетворительно/ 60-74,99% %	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует навыки интерпретирования полученных результатов на основе теоретических знаний по химии.	неудовлетворитель но /0- 59,99	Не освоена (недостаточный)