

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
Кафедра «Естественные и математические науки»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б 1.1.26 Физическая химия

направления подготовки

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль «Технология химических и нефтегазовых производств»

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 4

зачетных единиц – 5

часов в неделю – 4

всего часов – 180

в том числе:

лекции – 32

коллоквиумы – нет

практические занятия – 16

лабораторные занятия – 16

самостоятельная работа – 116

зачет –

экзамен – 4 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет, курсовой проект – нет

контрольная - нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ЕМН

«20» июня 2023 года, протокол № 30

Зав. кафедрой  /Жилина Е.В./

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН

«26» июня 2023 года, протокол № 5

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л./

Энгельс 2023

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

*Физическая химия* – это наука, устанавливающая связь между физическими и химическими явлениями, физическими и химическими свойствами веществ. Физическая химия объясняет на основании положений и опытов физики то, что происходит при химических процессах.

В круг вопросов физической химии входят общие закономерности химических превращений, позволяющие предсказывать возможное направление и конечный результат химической реакции, влияние температуры и давления на скорость процесса и на смещение равновесия.

Физическая химия – это наука, связанная с изложением ряда методов теоретической и экспериментальной физики, которые используются для решения конкретных химических задач. Она является теоретической основой многих прикладных химико-технологических дисциплин, что приводит к тесной связи ее с производством.

Цель курса – дать студентам представление о теоретических основах и современном состоянии физической химии, приобретение студентами знаний и навыков, позволяющих применять их при освоении других дисциплин образовательного цикла и последующей профессиональной деятельности.

Задачей химической подготовки бакалавра заключается в создании у него химического мышления, помогающего ему решать вопросы физико-химического направления в профессиональной деятельности. Задачей курса является формирование у студентов современных представлений о механизмах химических превращениях, о методах расчета различных физико-химических характеристик химических процессов.

Для достижения этой цели преподавание дисциплины предполагает:

- 1.1 ознакомить студентов с основными понятиями, законами и методами физической химии как науки, составляющей фундамент системы химических знаний;
- 1.2 способствовать формированию у студента обобщенных приемов исследовательской деятельности (постановка задачи, теоретическое обоснование и экспериментальная проверка ее решения), научного взгляда на мир в целом;
- 1.3 привить студенту химические навыки, необходимые для проведения эксперимента, научить работать со справочной литературой.
- 1.4 развить у студентов профессиональное химическое мышление, чтобы будущий бакалавр смог перенести общие методы научной работы в работу по специальности;
- 1.5 обеспечить возможность овладения студентами совокупностью химических знаний и умений, соответствующих уровню бакалавра по соответствующему профилю.

Теоретическая часть дисциплины излагается в лекционном курсе. Полученные знания закрепляются на лабораторных занятиях. Самостоятельная работа предусматривает работу с учебниками и учебными пособиями, подготовку к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовку к контрольным работам и коллоквиумам.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

«Физическая химия» представляет собой дисциплину базовой части учебного цикла (Б.1.1) основной образовательной программы бакалавриата по направлению 18.03.01 «Химическая технология». «Физическая химия» относится к группе химических дисциплин математического и естественнонаучного цикла и изучается:

- после освоения курсов «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», дающие базовые представления об основных законах, теориях и понятиях химии;
- после освоения курсов «Аналитическая химия» и «Физико-химические методы анализа», в рамках которых приводятся сведения о методах количественного и качественного анализа веществ;
- после изучения дисциплины «Коллоидная химия», ряд разделов которых базируются на знаниях дисциплины «Физическая химия».

Знания, полученные обучающимися при изучении «Физической химии», являются основой для последующего успешного освоения многих дисциплин профессионального цикла образовательной программы, например: «Введение в химическую технологию» «Химические реакторы», «Системы

управления химико-технологическими процессами», «Моделирование химико-технологических процессов» и др.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции при освоении ОПОП ВО, реализующей Федеральный Государственный образовательный стандарт:

- способность осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные (ОПК-5)

- способность изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов (ОПК-1)

В результате изучения дисциплины «Физическая химия» базовой части учебного цикла (Б.1.1) основной образовательной программы бакалавриата студент должен демонстрировать следующие результаты образования.

Обучающийся должен:

#### 3.1. Знать:

- перспективы развития физической химии как теоретической базы синтетической химии и химической технологии;
- начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики;
- методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;
- термодинамику растворов электролитов;

#### 3.2. Уметь:

- прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;
- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;
- устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах;
- определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах;

#### 3.3. Владеть навыками:

- вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;
- вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;
- вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом;
- вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
ОПК-5: способность осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Знать методики для измерения эксплуатационных и функциональных свойств материалов
	ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Уметь осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике
	ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> . Владеть навыками обработки и интерпретации экспериментальных данных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Знать методики для измерения эксплуатационных и функциональных свойств материалов	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- учение о скорости химического процесса (химическая кинетика) и химическом равновесии;</li> <li>- перспективы развития физической химии как теоретической базы синтетической химии и химической технологии;</li> <li>- начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики;</li> <li>- методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;</li> <li>-термодинамику растворов электролитов;</li> </ul>
ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Уметь осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные приемы обработки экспериментальных данных;</li> <li>- проводить расчеты концентрации растворов различных соединений, определять изменение концентраций при протекании химических реакций;</li> <li>- определять тип химической реакции по различным признакам классификации, возможность, скорость и глубину ее протекания;</li> <li>- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения физической химии для решения профессиональных задач.</li> </ul>
ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> . Владеть навыками обработки и интерпретации экспериментальных данных	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами;</li> <li>- элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом;</li> <li>- методами экспериментального исследования в химии (планирование, постановка и обработка эксперимента).</li> </ul>

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
ОПК-1. Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Знает теоретические основы химии как науки о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов
	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Умеет анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире
	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Владеет инструментарием для решения химических задач в своей предметной области; информацией о назначении и областях применения основных химических

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
	веществ и их соединений

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Знает теоретические основы химии как науки о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- учение о скорости химического процесса (химическая кинетика) и химическом равновесии;</li> <li>- классификацию и условия протекания реакций в водных растворах или расплавах на границе раздела фаз.</li> <li>- основные понятия, законы и модели химических систем, реакцию способность веществ;</li> <li>- способы вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</li> <li>- способы вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</li> <li>- вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом;</li> <li>- вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.</li> </ul>
ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Умеет анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;</li> <li>- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;</li> <li>- устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах;</li> <li>- определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах;</li> </ul>
ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Владеет инструментарием для решения химических задач в своей предметной области; информацией о назначении и областях применения основных химических веществ и их соединений	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами;</li> <li>- элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом;</li> <li>- методами экспериментального исследования в химии (планирование, постановка и обработка эксперимента).</li> </ul> <p>Навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.</li> </ul>

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ мо ду ля	№ не де ли	№ те мы	Наименование темы	Часы/из них в интерактивной форме					
				Всего	ЛЗ	КЛ	ЛР	ПР	СРС
1	1-3	1	Законы термодинамики и их применение	36/8	8/8		4	4	20
2	5-8	2	Химическое равновесие	46/8	8/8		4	4	30
3	9-12	3	Теория растворов	48/10	10/10		4	4	30
4	13-16	4	Термодинамика фазовых превращений	50/6	6/6		4	4	36
			Всего	180/32	32/32		16	16	116

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Интенсивные и экстенсивные величины. Обратимые и необратимые процессы. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа. Теплота и работы различного рода. Работа расширения для различных процессов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Теплоты образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа.	[1] -[7]
	2	2	Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Фундаментальное уравнение Гиббса. Внутренняя энергия, как однородная функция объема, энтропии и числа молей. Уравнение Гиббса-Дюгема.	[1] -[7]
1	2	3	Термодинамические потенциалы. Соотношение Максвелла и их использование. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Свойства термодинамических потенциалов. Различные формы записи условий термодинамического равновесия. Связь между калорическими и термодинамическими переменными.	[1] -[7]
1	2	4	Метод летучести. Различные методы вычисления летучести из опытных данных. Третий закон термодинамики. Постулат Нернста. Постулат Планка.	[1] -[7]
2	2	5	Вывод условия химического равновесия. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции. Химическое сродство. Закон действия масс. Стандартная энергия Гиббса химической реакции.	[1] -[7]

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
	2	6	Химические равновесия в растворах. Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Химическое равновесие в разбавленном растворе.	[1] -[7]
	2	7	Зависимость констант равновесия от температуры и давления. Уравнение изобары реакции и его термодинамический вывод	[1] -[7]
	2	8	Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при расчетах химических равновесий при различных температурах.	[1] -[7]
3	6	9-11	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. 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.	[1] -[7]
3	4	12-13	Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные, регулярные растворы и их свойства. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных для бинарных систем.	[1] -[7]
4	6	14-16	Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента, степени свободы. Вывод условия фазового равновесия. Вывод условия мембранного равновесия. Правило фаз Гиббса и его вывод. 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. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод.	[1] -[7]

## 6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	Наименование практической работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение

1	4	Решение задач на законы «Термохимии»	[1] -[7]
2	4	Современные методы расчета равновесных составов	[1] -[7]
3	4	Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях. Термодинамическая классификация растворов.	[1] -[7]
4	4	Вывод условия фазового равновесия. Вывод условия мембранного равновесия. Фазовые равновесия в двух- и трехкомпонентных системах.	[1] -[7]

### 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, обрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	4	3
1	4	1. Определение теплоты растворения хлорида аммония. 2. Определение теплоты растворения металлического магния в растворе соляной кислоты. 3. Определение теплоты гидратообразования сульфата меди	[9,10]
2-3	8	1. Изучение химического равновесия в гомогенной системе на примере этерификации спирта. 2. Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе на примере взаимодействия хлористого железа с йодидом калия.	[9,10]
4	4	1. Изучения равновесия жидкость – пар в бинарной системе. 2. Определение давления насыщенного пара динамическим методом. 3. Изучение взаимной растворимости в трехкомпонентной системе. 4. Определение коэффициента распределения.	[9,10]

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	20	Макроскопические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Температура. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплота сгорания. Теплоты образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии изолированных процессов и направление процесса.	[1] -[8]



		Математический аппарат термодинамики.	
2	30	Химическая переменная. Изотерма Вант-Гоффа. Динамический характер химического равновесия. Условия равновесия для гетерогенных химических реакций. Сущность теории Гиббса-Гельмгольца и Вант-Гоффа о химическом сродстве.	[1] -[8]
3	30	1. Коллигативные свойства растворов. 2. Повышение температуры кипения. 3. Понижение температуры замерзания. 4. Осмотическое давление. 5. Распределение растворенного вещества между двумя жидкими фазами. 6. Экстракция. 7. Молекулярная структура растворов. 8. Однородные функции состава смесей. 9. Экстракция из растворов.	[1] -[8]
4	36	1. Системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии. 2. Метод термического анализа. 3. Кривые охлаждения. 4. Построение диаграмм плавкости. 5. Системы, образующие устойчивые химические соединения. 6. Системы, образующие неустойчивые химические соединения.	[1] -[8]

### 10. Расчетно-графическая работа

*Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)*

Не предусмотрена

### 11. Курсовая (контрольная) работа

*Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)*

Курсовая работа не предусмотрена

### 12. Курсовой проект

*Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)*

Не предусмотрен

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины Б.1.1.26 «Физическая химия» должна сформироваться общепрофессиональная компетенция ОПК-5.

#### Карта компетенции ОПК-5:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки

1	2	3	4	5
1	Б.1.1.26 «Физическая химия»	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- учение о скорости химического процесса (химическая кинетика) и химическом равновесии;</li> <li>- перспективы развития физической химии как теоретической базы синтетической химии и химической технологии;</li> <li>- начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики;</li> <li>- методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;</li> <li>-термодинамику растворов электролитов;</li> </ul>	Лекции, лабораторные занятия, практические занятия, самостоятельная работа	Отчеты по лабораторным занятиям, тестирование, экзамен.
		<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные приемы обработки экспериментальных данных;</li> <li>- проводить расчеты концентрации растворов различных соединений, определять изменение концентраций при протекании химических реакций;</li> <li>- определять тип химической реакции по различным признакам классификации, возможность, скорость и глубину ее протекания;</li> <li>- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения физической химии для решения профессиональных задач.</li> </ul>	Лабораторный практикум, СРС, практические работы, модули, экзамен	Отчет по лабораторной работе, экзамен
		<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами;</li> <li>- элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом;</li> <li>- методами экспериментального исследования в химии (планирование, постановка и</li> </ul>	Лекции, лабораторные работы, СРС, тестирование.	Отчеты по лабораторному практикуму, модульным работам, экзамен

		обработка эксперимента).		
--	--	--------------------------	--	--

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины Б.1.1.26 «Физическая химия» должна сформироваться общепрофессиональная компетенция ОПК-1

### Карта компетенции ОПК-1:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Б.1.1.26 «Физическая химия»	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- учение о скорости химического процесса (химическая кинетика) и химическом равновесии;</li> <li>- классификацию и условия протекания реакций в водных растворах или расплавах на границе раздела фаз.</li> <li>- основные понятия, законы и модели химических систем, реакционную способность веществ;</li> <li>- способы вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</li> <li>- способы вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</li> <li>- вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом;</li> <li>- вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.</li> </ul>	Лекции, лабораторные занятия, практические работы, самостоятельная работа	Отчеты по лабораторным занятиям, тестирование, экзамен.
		<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;</li> <li>- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;</li> <li>- устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах;</li> <li>- определять составы сосуществующих фаз в бинарных</li> </ul>	Лабораторный практикум, СРС, практические работы, модули, экзамен	Отчет по лабораторной работе, экзамен

		гетерогенных системах;		
		<b>Владеть:</b> - общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами; - элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом; - методами экспериментального исследования в химии (планирование, постановка и обработка эксперимента). Навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом; - вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.	Лекции, лабораторные работы, СРС, тестирование.	Отчеты по лабораторному практикуму, модульным работам, экзамен

#### Оценивание уровня сформированности профессиональных компетенций

##### Выпускник должен обладать:

**ОПК-5** способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные

**ОПК-1:** Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов.

#### УРОВНИ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ УК-1, ОПК-1

Уровни сформированности компетенции	Основные признаки уровня
<b>Пороговый уровень компетенции:</b> <b>ОПК-5</b>  <b>ОПК-1</b>	<p>помнит или распознает информацию в приблизительном порядке и форме, в которой она была заучена; умеет составлять формулы веществ и называть их, может написать уравнения реакций; владеет навыками работы при проведении химических экспериментов по исследованию химических процессов</p> <p>знает основные понятия и законы физической химии, основные физические термодинамические параметры; умеет использовать простейшие кинетические уравнения; способен анализировать логические цепочки «тип реакции-условия протекания- вид процесса».</p>
<b>Продвинутый уровень компетенции:</b> <b>ОПК-5</b>	может преобразовать и интерпретировать информацию; умеет описать, объяснить, определить признаки физических процессов; владеет навыками работы при проведении химических экспериментов по исследованию химических свойств веществ с точки зрения термодинамических параметров, некоторыми

ОПК-1	<p>методами расчёта различных химических величин.</p> <p>знает физические процессы, встречающиеся в природе, и их роль в окружающей среде; представляет возможность протекания того или иного физического процесса при заданных кинетических параметрах, может предложить метод определения и вычисления скорости химической реакции, ее тип и порядок.</p>
<p><b>Высокий уровень компетенции:</b></p> <p>ОПК-5</p> <p>ОПК-1</p>	<p>может выбирать и использовать идеи в новых, незнакомых ситуациях или с новым подходом; умеет провести химический эксперимент, выявить различия между веществами и типами реакций; владеет навыками работы при проведении химических экспериментов по исследованию химических процессов; современными методами регистрации и расчёта различных химических величин для обработки результатов химического эксперимента.</p> <p>обладает навыками</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом;</li> <li>- вычисления состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.</li> <li>- вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</li> <li>- вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</li> </ul>

Лабораторные работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятия отчета (протокола), включающего тему, ход работы, соответствующие расчёты, уравнения реакций и защите лабораторного занятия – ответе на вопросы по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за лабораторную работу ставится в случае, если она полностью правильно выполнена, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по теме лабораторной работы данной дисциплины. «Не зачтено» ставится в случае, если работа выполнена или рассчитана неправильно, тогда ее следует переделать или доработать.

Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлены вопросы из перечня «Вопросы к экзамену». Оценивание проводится по пятибалльной системе. «Отлично» ставится при: - правильном, полном и логично построенном ответе, - умении оперировать специальными терминами, - использовании в ответе дополнительного материала, - иллюстрировании теоретического положения практическим материалом. «Хорошо» ставится при: - правильном, полном и логично построенном ответе, - умении оперировать специальными терминами, при этом в ответе могут иметься - негрубые ошибки или неточности. «Удовлетворительно» ставится если: - неполный схематичный ответ, - не вполне законченные выводы или обобщения. «Неудовлетворительно» ставится при: - неполном ответе, - неумении оперировать специальными терминами или их незнании, - затруднения в использовании практического материала.

### **Текущий контроль**

Модуль 1.

№1

1. Газ, расширяясь от 10 до 16 л при постоянном давлении 101.3 кПа, поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии газа.
2. Сколько тепла потребуется на перевод 500 г Al (т.пл. 658 °С,  $\Delta_{пл}H^\circ = 92.4 \text{ кал}\cdot\text{г}^{-1}$ ), взятого при 25 °С, в расплавленное состояние, если  $C_p(\text{Al}_{(тв)}) = 0.183 + 1.096 \cdot 10^{-4}T \text{ кал}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ ?
3. Рассчитайте мольную энтропию неона при 500 К, если при 298 К и том же объеме энтропия неона равна  $146.2 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ .

4. Вычислите изменение энергии Гиббса при сжатии от 1 атм до 3 атм при 298 К:

- а) одного моля жидкой воды;
- б) одного моля водяного пара (идеальный газ).

### №2

1. Определите изменение внутренней энергии, количество теплоты и работу, совершаемую при обратимом изотермическом расширении азота от 0.5 до 4 м<sup>3</sup> (начальные условия: температура 26.8 °С, давление 93.2 кПа).

2. Стандартная энтальпия реакции



протекающей в открытом сосуде при температуре 1000 К, равна 169 кДж·моль<sup>-1</sup>. Чему равна теплота этой реакции, протекающей при той же температуре, но в закрытом сосуде?

3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 11.2 л азота от 0 до 50 °С и одновременном уменьшении давления от 1 атм до 0.01 атм.

4. Изменение энергии Гиббса в результате испарения воды при 95 °С и 1 атм равно 546 Дж·моль<sup>-1</sup>. Рассчитайте энтропию паров воды при 100 °С, если энтропия жидкой воды равна 87.0 Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>. При каком давлении изменение энергии Гиббса в результате испарения воды будет равно 0 при 95 °С?

### №3

1. Один моль идеального газа, взятого при 25 °С и 100 атм, расширяется обратимо и изотермически до 5 атм. Рассчитайте работу, поглощенную теплоту,  $\Delta U$  и  $\Delta H$ .

2. Рассчитайте стандартную внутреннюю энергию образования жидкого бензола при 298 К, если стандартная энтальпия его образования равна 49.0 кДж·моль<sup>-1</sup>.

3. Один моль гелия при 100 °С и 1 атм смешивают с 0.5 моль неона при 0 °С и 1 атм. Определите изменение энтропии, если конечное давление равно 1 атм.

4. Изменение энергии Гиббса в результате испарения воды при 104 °С и 1 атм равно -437 Дж·моль<sup>-1</sup>. Рассчитайте энтропию паров воды при 100 °С, если энтропия жидкой воды равна 87.0 Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>. При каком давлении изменение энергии Гиббса в результате испарения воды будет равно 0 при 104 °С?

### Модуль 2.

1. Найти  $K_p$  реакции  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 + 3\text{H}_2 + \text{CO}$  при температуре 400 К методом Темкина-Шварцмана
2. Реакция протекает в замкнутом сосуде при температуре  $T$ . Определить равновесные парциальные давления всех компонентов и исходное давление вещества  $A$ , если известно значение константы равновесия реакции термической диссоциации при данной температуре и общее равновесное давление смеси  $P$ .

Вещество А	Реакция	$K_p$	$P \cdot 10^{-4}$ , н/м <sup>2</sup>	T, К
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O + 2H + O	2,096·10 <sup>10</sup>	1,0133	4000

3. По диаграмме плавкости системы KCl–AgCl определить:

- 1) что представляет собой система, содержащая 60 мол. % KCl и 40 мол. % AgCl, при 800 °С;
- 2) при какой температуре начнется кристаллизация в этой системе;

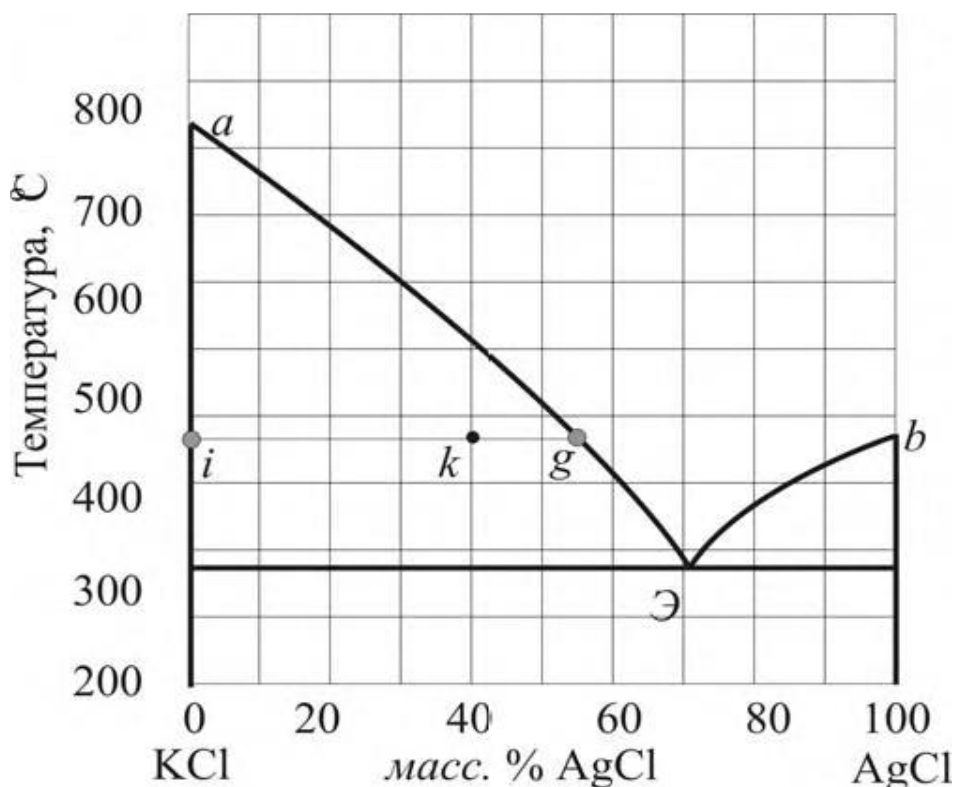


Диаграмма плавкости системы KCl-AgCl

4. Определить максимальное число степеней свободы в одно-, двух- и трехкомпонентных системах при условии, что внешними параметрами, определяющими ее состояние, являются температура и давление.

### *Перечень вопросов к экзамену*

1. Процессы в термодинамике
2. Основной постулат термодинамики
3. Нулевой закон термодинамики
4. Уравнения состояния
5. Первый закон термодинамики
6. Внутренняя энергия. Работа. Теплота
7. Работа идеального газа при различных процессах
8. Калорические коэффициенты
9. Аналитические выражения первого закона термодинамики
10. Теплоемкость. Взаимосвязь  $C_p$  и  $C_v$
11. Энтальпия
12. Зависимость теплоемкости от давления и объема
13. Закон Гесса. Следствия закона Гесса
14. Стандартные состояния, стандартные условия
15. Уравнения Кирхгофа
16. Зависимость изобарной теплоемкости от температуры
17. Способы определения теплоемкостей
18. Примеры применения законов термохимии
19. Формулировки второго закона термодинамики (постулаты)
20. Цикл Карно
21. Аналитические выражения второго закона термодинамики
22. Физический смысл энтропии
23. Изменение энтропии для необратимых процессов.
24. Абсолютная энтропия

25. Расчет изменения энтропии в различных процессах
26. Нагревание или охлаждение при постоянном давлении
27. Изотермическое расширение или сжатие
28. Фазовые переходы
29. Смешение идеальных газов при постоянных температуре и давлении
30. Изменение энтропии при химических реакциях
31. Изохорно-изотермический потенциал
32. Изобарно-изотермический потенциал
33. Уравнение Гиббса-Гельмгольца
34. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона
35. Тепловая теорема Нернста
36. Постулат Планка
37. Понятие химического сродства
38. Следствия из третьего закона термодинамики
39. Условие термодинамического равновесия между фазами
40. Принцип непрерывности и принцип соответствия
41. Правило фаз Гиббса
42. Трехмерная диаграмма состояния однокомпонентной системы
43. Вещества, образующие в твердом состоянии одну кристаллическую форму
44. Уравнения Клапейрона и Клапейрона – Клаузиуса
45. Применение правила фаз Гиббса к двухкомпонентным системам
46. Равновесие твердое–жидкость в двухкомпонентных системах
47. Системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
48. Вид диаграммы плавкости и ее анализ
49. Состав сопряженных фаз. Нода
50. Определение состава насыщенных растворов по диаграмме растворимости
51. Определение количественных соотношений между фазами, находящимися в равновесии. Правило рычага
52. Системы с неограниченной растворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
53. Системы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
54. Системы, образующие химические соединения
- Равновесие жидкость–жидкость в двухкомпонентных системах
55. Равновесие пар (газ) – жидкость в двухкомпонентных системах
56. Давление насыщенного пара над идеальным раствором. Закон Рауля
57. Давление насыщенного пара над бесконечно разбавленным раствором нелетучего вещества. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри
58. Системы, образующие в жидком состоянии идеальные растворы. Первый закон Гиббса – Коновалова
59. Системы, образующие в жидком состоянии неидеальные растворы. Перегонка и ректификация
60. Системы, образующие в жидком состоянии азеотропные растворы. Второй закон Гиббса–Коновалова
61. Системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в жидком состоянии. Перегонка с водяным паром
62. Системы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в жидком состоянии
63. Графические методы выражения состава трехкомпонентной системы
64. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы, образующей одну тройную эвтектику
65. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью
66. Определение состава и количества сопряженных фаз трехкомпонентной системы
67. Понятие химического потенциала
68. Закон действия масс. Кинетический и термодинамический выводы
69. Общие условия химического равновесия



70. способы выражения констант равновесия. Связь между ними
71. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое сродство
72. Уравнение изохоры-изобары химической реакции
73. Метод Темкина-Шварцмана
74. Расчет равновесного состава химической реакции
75. Общие понятия растворов. Способы выражения концентраций растворов.
76. Уравнение Гиббса-Дюгема-Маргулиса
77. следствия из уравнения Гиббса-Дюгема-Маргулиса
78. Парциальный мольный объем и методы его определения
79. Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов
80. Следствия закона Рауля. Криоскопические и эбуллиоскопические свойства раствора
81. Предельно разбавленные растворы

#### 14. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающегося.

Тема занятия	Вид занятия	Интерактивная форма
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия.</li> <li>- Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.</li> <li>- Вывод условия химического равновесия. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции. Химическое сродство.</li> <li>- Химические равновесия в растворах. Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними.</li> <li>- Различные способы выражения состава раствора. Смеси идеальных газов.</li> </ul> <p>Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента, степени свободы. Вывод условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса и его вывод.</li> <li>- Коллигативные свойства растворов.</li> </ul>	Лекции	Метод проблемного изложения – стимулирование студентов к самостоятельному поиску знаний, необходимых для решения конкретной проблемы

1. Законы «Термохимии». 2. Расчет равновесных составов.	Практические занятия	Кейс-метод – оценка предложенных алгоритмов и выбор лучшего в контексте поставленной проблемы.
--	----------------------	--

В рамках учебного курса предусмотрено чтение проблемных лекций по следующим темам: «Второй закон термодинамики», «Характеристические функции», «Свойства функций состояния», «Энтропия», (не менее 30%); чтение лекций с применением мультимедийных технологий по всем темам на 100 %. Проведение лабораторных работ: «Изучение взаимной растворимости в трехкомпонентной системе», «Закон распределения», «Изучения равновесия жидкость – пар в бинарной системе» происходит с постановкой проблемы и разбором конкретных ситуаций в форме дискуссии или диалога. Такие занятия, в сочетании с внеаудиторной самостоятельной работой, формируют и развивают профессиональные навыки обучающегося.

## **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

*(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)*

1. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия.: учебник / В.В. Белик, К.И. Киенская - 4-е изд., - М. : Academia, 2008. - 288 с. Экземпляры всего: 20
2. Основы физической химии. Часть 1. Теория [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.В. Еремин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 320 с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996321063-SCN0000/000.html>
3. Основы физической химии. Часть 2. Задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.В. Еремин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 263 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996321070-SCN0000/000.html>
4. Основы физической химии в 2 ч. / В.В. Еремин [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 - Часть 1. Теория . -2-е изд., перераб. и доп. -2013. - 320 с. Экземпляры всего: 10
5. Основы физической химии в 2 ч. / В.В. Еремин [и др.]. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 - Часть 2. Задачи . -2-е изд., перераб. и доп. -2013. - 263 с. Экземпляры всего: 10.

6. Физическая химия. Теория и задачи : учебное пособие / Ю. П. Акулова, С. Г. Изотова, О. В. Проскурина, И. А. Черепкова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-5340-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139289> (дата обращения: 31.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Березовчук А.В. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Березовчук А.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2019— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8191>.— ЭБС «IPRbooks».

8. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2008. – 568 с. Экземпляры всего: 9.

### **Методические указания**

9. Окишева Н.А. Практикум по физической химии. Часть II. / Н.А. Окишева, В.Н. Целуйкин. Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Дополнительные главы физической химии". Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2015 г. -35 с. Количество экземпляров – 30. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/29272.pdf>

10. Окишева Н.А. Практикум по физической химии. Часть I. / Н.А. Окишева, В.Н. Целуйкин, Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по курсу " Физическая химия". Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2017. -45 с.

Количество экземпляров – 30. Режим доступа: <http://techn.sstu.ru/WebLib/22862.pdf>

Интернет-ресурсы

11. Библиотека Российской академии наук (БАН) [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
12. Российская государственная библиотека (РГБ) [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
13. Библиотека МГУ им М.В. Ломоносова. Химический факультет МГУ [www.msu.ru](http://www.msu.ru)
14. Российская национальная библиотека (РНБ) [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)

Институт имеет операционную систему MS Windows с программами под MS Windows: MS Word – текстовый редактор; MS Excel - табличный процессор, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе.

Источники ИОС

<http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=178>.

## 16. Материально-техническое обеспечение

### Перечень и описание учебных аудиторий:

Для проведения занятий лекционного типа используется учебная аудитория (432), укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 22 стола, 44 стула; рабочее место преподавателя; маркерная доска; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук Lenovo 560 (I3/4Гб/500, мышь), подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

Для проведения лабораторных занятий используется аудитория (301, площадью 66,2 м<sup>2</sup>), укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 9 столов, 18 стульев; рабочее место преподавателя; маркерная доска; проектор View Sonic, рулонный проекционный экран, системный блок (Atom2550/4Гб/500, клавиатура, мышь) подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия (видео, аудио материалы, планшеты, макеты и т.п.), обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины, сахариметр СУ-5, Весы электронные ShinkoAF-R220CE, Баня водяная TW2, Термостат TW-2, Шкаф сушильный BinderED, 6. Колбонагреватель KI 2, вытяжной шкаф, посуда химическая стеклянная, плакаты.

Рабочая программа по дисциплине Б.1.1.26 «Физическая химия» составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО с учетом рекомендаций ПрОП ВО по направлению 18.03.01 «Химическая технология» и учебного плана по профилю подготовки «Технология химических и нефтегазовых производств»

Авторы: к.х.н. Неверная О.Г.

