

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОГЛАСОВАНО**

---

**Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Проректор по  
образовательной деятельности  
доцент Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Химическая технология неорганических веществ
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	профессор Литвинова Т.Е.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» составлена:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 922 от 7 августа 2020 г.

– на основании учебного плана по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», направленность (профиль) «Химическая технология неорганических веществ».

Составитель: \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Т.Е. Литвинова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и физической химии от 07.02.2022 г., протокол № 8.**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. О.В. Черемисина

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины

приобретение базовых теоретических знаний в области термодинамики и кинетики протекания физико-химических процессов, в том числе сопровождающихся изменением состава и количества фаз; обеспечение подготовки студентов к изучению смежных и специальных дисциплин; формирование практических навыков применения законов и методов физической химии при решении профессиональных задач.

### Основные задачи дисциплины

- получение базовых теоретических основ, общих законов и закономерностей химических превращений, процессов межфазного массопереноса, методов расчета материальных и тепловых балансов физико-химических процессов;
- формирование представлений в области прогнозирования протекания физико-химических процессов, их термодинамики и кинетики при создании, внедрении и эксплуатации методов, способов и средств получения веществ и материалов;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний, способностей для самостоятельной работы;
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области технологии переработки минерального сырья.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физическая химия» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», направленности (*профилю*) «Химическая технология неорганических веществ» и изучается в **4, 5, 6** семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физическая химия» являются: математика (решение степенных уравнений, понятия о логарифмировании, дифференцировании, анализе функции); физика (электростатика, законы Фарадея, законы идеальных газов); общая и неорганическая химия (основные понятия и законы, представления о строении вещества и закономерностях протекания химических реакций).

Дисциплина «Физическая химия» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Общая химическая технология (6 семестр); Химическая технология неорганических веществ (6 и 7 семестр), Инструментальные методы химического анализа в химической технологии природных энергоносителей (6 семестр), Современные представления о нефтяных дисперсных системах (6 семестр), Организация научных исследований в химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов (8 семестр);

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Физическая химия» направлен на формирование следующих компетенций.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
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, соединений, веществ и материалов	ОПК-1	<p>ОПК-1.1. Знает теоретические основы общих закономерностей протекания химических реакций; основы химической термодинамики и кинетики; основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; закономерности строения органических соединений; строение вещества, природу химической связи в различных классах химических соединений; механизмы протекания химических реакций; природу межмолекулярного взаимодействия</p> <p>ОПК-1.2. Умеет анализировать химические элементы и их соединения; использовать методы расчета химико-технологических процессов; определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач; применить методы идентификации органического соединения, провести качественный и количественный анализ органического соединения; оценивать свойства простых веществ и их соединений, реакционную способность веществ на основе сведений об атомно-молекулярном строении, природе и свойствах химической связи</p> <p>ОПК-1.3. Владеет навыками применения в практической деятельности законов естественнонаучных дисциплин; навыками расчета основных показателей процессов, протекающих в химических агрегатах, навыками установления структуры органических соединений; методами вычисления тепловых эффектов и констант равновесия химических реакций при заданной температуре и определения констант скорости реакций по результатам эксперимента</p>

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен использовать математические, физические, физико-химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2	<p>ОПК-2.1. Знает методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и физико-химических моделей; методы проведения и планирования физических и химических экспериментов.</p> <p>ОПК-2.2. Умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; планировать и проводить физические и химические эксперименты, анализировать и выполнять обработку, полученных результатов, оценивать погрешности.</p> <p>ОПК-2.3. Владеет методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; навыками применения инновационных нефтегазовых технологий и информационно-компьютерных средств; способами статистической обработки результатов.</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Физическая химия» составляет **7** зачетных единиц, **252** ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам			
		4	5	6	
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>157</b>	<b>36</b>	<b>85</b>	<b>36</b>	
Лекции	53	18	17	18	
Практические занятия (ПЗ)	34	–	34	–	
Лабораторные работы (ЛР)	70	18	34	18	
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	
Подготовка к лабораторным работам	23	18	5	-	
<b>Вид промежуточной аттестации – зачет, экзамен</b>	<b>72</b>	<b>3</b>	<b>Э(36)</b>	<b>Э(36)</b>	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>					
	ак. час.	<b>252</b>	<b>54</b>	<b>126</b>	<b>72</b>
	зач. ед.	<b>7</b>	<b>1,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Раздел 1 «Начала термодинамики. Термодинамические функции»	23	9	2	10	2
2.	Раздел 2 «Химическое равновесие. Термодинамические расчеты газовых систем»	25	9	6	8	2
3.	Раздел 3 «Фазовые равновесия в однокомпонентных системах»	12	2	4	2	4
4.	Раздел 4 Термодинамические свойства растворов	12	6	2	2	2
5.	Раздел 5 Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах «жидкость-пар»»	20	2	6	16	2
6.	Раздел 6 Фазовые равновесия в конденсированных двухкомпонентных системах»	22	2	14	4	2
7.	Раздел 7 Равновесия в растворах электролитов»	18	6	–	8	4
8.	Раздел 8 Электрохимические равновесия»	16	6	–	8	2
9.	Раздел 9 Химическая кинетика»	22	11	–	12	3
<b>Итого:</b>		<b>180</b>	<b>53</b>	<b>34</b>	<b>70</b>	<b>23</b>
<b>Подготовка к экзамену:</b>		<b>72</b>				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>252</b>				

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Начала термодинамики. Термодинамические функции.	Предмет и задачи термодинамики. Основные понятия термодинамики: система, теплота и работа, внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Тепловой эффект изохорного и изобарного процессов, понятие об энтальпии. Теплоемкость, её использование для расчетов тепловых эффектов процессов. Зависимость теплоемкости от температуры, уравнение Келли. Расчет тепловых эффектов химических реакций. Закон Гесса. Стандартные энтальпии образования соединений. Тепловые эффекты реакций в растворах. Стандартные энтальпии образования ионов. Зависи-	9

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		мосьте теплового эффекта реакции от температуры, закон Кирхгофа. Второе начало термодинамики. Понятие об энтропии. Определение энтропии через термодинамическую вероятность. Закономерности изменения энтропии. Третье начало термодинамики. Учение о химическом сродстве. Термодинамические потенциалы Гельмгольца и Гиббса, их вычисление. Определение направления протекания химических реакций	
2.	Химическое равновесие. Термодинамические расчеты газовых систем.	Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса - Дюгема. Химический потенциал, его значение для компонента идеального газа, идеального раствора, предельно разбавленного раствора и для реальных систем. Понятие об активности и фугитивности. Константа равновесия. Расчет равновесного состава реакционной смеси. Влияние внешних условий на равновесие. Принцип Ле-Шателье. Уравнение изотермы реакции. Уравнение изобары реакции. Вычисление константы равновесия при различных температурах по приведенным энергиям Гиббса и по методу Темкина и Шварцмана.	9
3.	Фазовые равновесия в однокомпонентных системах	Основные понятия: фаза, составляющее вещество и компонент системы, термодинамические степени свободы. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса, его использование для расчета фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Диаграмма состояния воды.	2
4.	Термодинамические свойства растворов	Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов. Учет диссоциации растворенного вещества. Изотонический коэффициент. Растворимость газов, законы Генри и Сивертса. Температуры замерзания и кипения растворов, криоскопия и эбуллиоскопия. Уравнение Шредера. Осмотическое давление растворов.	6
5.	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах жидкость-пар	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем жидкость – пар с полной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе. Нода. Правило рычага. Первый закон Коновалова. Разгонка жидких смесей. Понятие о ректификации. Отклонения от идеальности. Второй закон Коновалова. Азеотропные смеси. Диаграммы систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в жидкой фазе. Перегонка с водяным паром. Диаграммы систем «жидкость – жидкость». Экстракция,	2

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		закон распределения Нернста. Диаграммы систем «жидкость – пар» с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе.	
6.	Фазовые равновесия в конденсированных системах	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с полной взаимной нерастворимостью компонентов в твердой фазе. Проявление на диаграммах полиморфных превращений и расслаивания жидкой фазы. Определение тепловых эффектов фазовых превращений по методу Таммана. Твердые растворы, ограниченный и неограниченный изоморфизм. Системы с твердыми растворами: идеальные, с минимумом температуры плавления, эвтектического и перитектического типов. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями.	2
7.	Равновесия в растворах электролитов	Образование растворов. Сольватация и ассоциация. Теория гидратации. Теория активностей Дебая-Хюккеля. Обобщенные теории кислот и оснований Бренстеда, Льюиса, Пирсона. Кислотно-основные свойства неводных растворов и расплавов.	6
8.	Электрохимические равновесия	Удельная и эквивалентная электропроводность. Зависимость электропроводности от температуры. Подвижность ионов и факторы, ее определяющие. Зависимость электропроводности от концентрации раствора. Теория Дебая-Хюккеля-Онзагера, электрофоретический эффект, релаксационный эффект. Термодинамика электрохимических систем. Электродный потенциал. Гальванический элемент. Уравнение Нернста. Типы электродов. Диаграммы Пурбе.	6
9.	Химическая кинетика	Формальная кинетика. Порядок реакции и способы его определения. Кинетика сложных гомогенных, фотохимических, цепных и гетерогенных реакций. Зависимость скорости реакции от температуры, энергия активации, ее определение. Теории активных столкновений и переходного состояния (активированного комплекса). Механизм гомогенного и гетерогенного катализа. Кинетика электрохимических процессов. Поляризация электродов. Диффузионное и электрохимическое перенапряжение.	11
<b>ИТОГО:</b>			<b>53</b>



#### 4.2.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Расчет направления химической реакции при заданной температуре	2
2.	Раздел 2.	Моделирование выхода водорода при паровой конверсии метана-этана-пропана-этилена	4
		Использование уравнений изотермы и изобары химической реакции	2
3	Раздел 3.	Расчеты с использованием уравнения Клаузиуса-Клапейрона	2
		Диаграммы состояния унарных систем	2
4	Раздел 4.	Практическое применение законов Рауля, Дальтона, Коновалова	2
5	Раздел 5.	Типовые диаграммы состояния неконденсированных систем	4
		Расшифровка фазовых диаграмм неконденсированных систем	4
6	Раздел 6.	Основные элементы диаграмм состояния двухкомпонентных конденсированных систем	2
		Типовые диаграммы состояния двухкомпонентных конденсированных систем	2
		Расшифровка диаграммы состояния	2
		Построение диаграмм состояния	2
		Ознакомление с трехкомпонентными диаграммами состояния	2
		Диаграммы состояния водно-солевых систем	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Вводное занятие: техника безопасности	2
		Определение теплоты нейтрализации	2
		Определение теплоты диссоциации слабой кислоты	2
		Определение теплоты гидратации соли	2
2	Раздел 2.	Определение коэффициента активности	4
		Определение константы нестойкости тиоцианатного комплекса железа	4
3	Раздел 3.	Давление насыщенного пара	2
4	Раздел 4.	Криометрия	2
5	Раздел 5.	Получение диаграммы состояния двухкомпонентной системы «жидкость-пар»	4
		Получение кривой разгонки	2
		Фракционная разгонка	4
		Экстракция	4
6	Раздел 6.	Моделирование фазовых диаграмм	4

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
7	Раздел 7.	Определение рН гидратообразования	4
		Кондуктометрическое определение константы диссоциации слабого электролита	2
		Определение критической концентрации мицеллообразования	2
8	Раздел 8.	Числа переноса	4
		Определение изоэлектрической точки	2
		Определение стандартных электродных потенциалов	2
9	Раздел 9.	Кинетика омыления эфира	4
		Кинетика окисления тиосульфата натрия	2
		Кинетика ионного обмена	2
		Кинетика молекулярной сорбции	2
		Определение энергии активации вязкого течения жидкости	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>70</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции** являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Целью практических занятий является совершенствование умений и навыков решения практических задач.

**Лабораторные занятия** составляют основу практической подготовки обучающихся.

Цели лабораторных занятий:

- развить навыки самостоятельной работы и применения теоретических знаний для решения практических задач;

- приобрести навыки обработки различных видов информации в том числе с использованием компьютерной техники;

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

- обеспечить живое, творческое обсуждение учебного материала в форме дискуссии, обмена мнениями по рассматриваемым вопросам.

**Консультации** являются одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации

имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Начала термодинамики. Термодинамические функции**

1. Каково математическое доказательство принадлежности функции к категории «функция состояния»?

2. Какие энергетические составляющие входят в понятие «внутренняя энергия»?

3. Какими уравнениями описывают различные энергетические составляющие внутренней энергии?

4. Как видоизменяется уравнение первого закона термодинамики применительно к закрытым системам?

5. Каков алгоритм расчета теплоемкости с применением уравнения Келли, если происходит изменение агрегатного состояния вещества или его кристаллической структуры?

#### **Раздел 2. Химическое равновесие. Термодинамические расчеты газовых систем**

1. Каков состав общей системы уравнений термодинамических потенциалов?

2. Сколько способов стандартизации существует применительно к растворам?

3. Сколько способов стандартизации существует применительно к смесям газообразных веществ?

4. Какие существуют способы расчета коэффициента фугитивности?

5. Какие способы существуют для экспериментального определения коэффициента активности вещества в растворе не электролита?

6. Какие способы применяют для расчета среднего ионного коэффициента активности?

7. Какие способы применяют для экспериментального определения среднего ионного коэффициента активности в растворе электролита?

#### **Раздел 3. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах**

1. В чем заключается различие между понятием «компонент системы» и понятием «составляющее вещество»?

2. Каким образом понятие «химический потенциал» применяют для вывода уравнения правила фаз Гиббса?

3. Какие процессы описывает уравнение Клаузиуса-Клапейрона?

4. Каким образом применяют уравнение Клаузиуса-Клапейрона к получению диаграмм состояния однокомпонентных систем?

5. Каким образом изменение объема при плавлении/кристаллизации вещества связано с зависимостью температуры указанного фазового перехода от величины внешнего давления?

6. При каких условиях, согласно правилу Юм-Розери, возможно образование твердого раствора замещения?

7. Как влияет образование твердого раствора замещения на кристаллическую структуру вещества?

8. Какую информацию получают при изучении диаграмм состояния унарных систем?

9. Какое оборудование применяют для получения диаграмм состояния однокомпонентных систем?

10. Какой математический аппарат применяют при построении диаграмм состояния однокомпонентных систем?

#### **Раздел 4. Термодинамические свойства растворов**

1. Какое уравнение описывает распределение вещества между двумя несмешивающимися жидкостями?

2. Каким требованиям должен отвечать раствор, для того чтобы его можно было отнести к категории «идеальный раствор»?

3. Как влияет присутствие растворенного вещества на температуру кипения раствора?

4. Как по значению изотонического коэффициента определить поведение вещества в растворе?

5. Что называют «кажущаяся степень диссоциации»?

6. Какие процессы приводят к отклонению раствора от понятия «идеальный»?

7. Какие уравнения применяют для описания растворимости газов в жидкостях?

8. Какую математическую модель называют «уравнение Шредера»?

9. Какое математическое уравнение описывает зависимость растворимости твердых веществ в жидкостях от величины внешнего давления?

10. Какую величину называют «относительная летучесть»?

#### **Раздел 5. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах «жидкость-пар»**

1. Какой метод применяют для разделения компонентов жидкого раствора?

2. Какой метод позволяет разделить азеотропную смесь?

3. Какова особенность применения метода ректификации?

4. Какое аппаратное оснащение применяют при получении диаграммы состояния «жидкость-пар»?

5. Каков алгоритм действий, необходимый для экспериментального получения диаграммы состояния «жидкость-пар»?

6. Какое аппаратное оснащение применяют при получении диаграммы состояния «жидкость-жидкость»?

7. Каков алгоритм действий, необходимый для экспериментального получения диаграммы состояния «жидкость-жидкость»?

8. Какие теоретические представления о равновесии в системе «жидкость-пар» составляют основу технологического процесса перегонки?

9. Какие теоретические представления о равновесии в системе «жидкость-пар» составляют основу технологического процесса ректификации?

10. Какова сущность законов Вревского?

#### **Раздел 6. Фазовые равновесия в конденсированных двухкомпонентных системах**

1. Какое уравнение позволяет вычислить эвтектический состав?

2. Каким образом следует провести охлаждение системы с целью получения перлитной стали?
3. Каким образом на диаграммах состояния проявляется наличие полиморфного превращения одного из компонентов системы?
4. Каким образом на диаграммах состояния проявляется наличие полиморфного превращения какого-либо химического соединения?
5. Каким образом в технологиях применяют эффект расслаивания двух жидких фаз?
6. Каким образом диаграммы состояния конденсированных систем применяют для выделения чистых веществ?
7. Каковы основные принципы построения диаграмм состояния трехкомпонентных систем?
8. Каковы основные (типовые) элементы диаграмм состояния трехкомпонентных систем?
9. Какова область практического применения диаграмм состояния водно-солевых систем?
10. Каковы основные (типовые) элементы диаграмм состояния водно-солевых систем?

### **Раздел 7. Равновесия в растворах электролитов**

1. Каковы основные положения протолитической теории кислот и оснований Бренстеда?
2. Какова область применения протолитической теории Бренстеда?
3. Каковы основные положения теории кислот и оснований Льюиса?
4. Какова область применения теории Льюиса?
5. Каковы основные положения теории кислот и оснований Пирсона?
6. Какова область применения теории Пирсона?
7. Какова схема расчета влияния гидролиза на растворимость осадка?
8. Какова схема расчета влияния комплексообразования на растворимость осадка?
9. Какова схема расчета влияния одноименного иона на растворимость осадка с учетом не идеальности раствора?
10. Какие уравнения составляют систему расчета ионно-молекулярного состава раствора гидролизующейся соли?
11. Каким образом ведут расчет концентрации катионов водорода для сильно концентрированных растворов кислот и щелочей?

### **Раздел 8. Электрохимические равновесия**

1. Какие уравнения описывают зависимость электропроводности от температуры?
2. Каковы основные положения теории электропроводности электролитов Дебая-Хюккеля-Онзагера?
3. Каковы особенности переноса электричества катионами водорода и гидроксид-ионами?
4. Каков физический смысл понятия «выход по току»?
5. Каковы основные правила записи электродов и электрохимических цепей?
6. В чём заключается принцип работы аккумулятора?
7. Какая величина является аналогом скорости реакции в кинетике электролиза?
8. Какое уравнение описывает скорость электролиза, протекающего в диффузионном режиме?
9. Что отличает понятия «поляризация» и «перенапряжение»?

10. Какое уравнение описывает скорость электролиза, протекающего в кинетическом режиме?

### **Раздел 9. Химическая кинетика**

1. Каков алгоритм действий для увеличения выхода целевого продукта в разветвленной реакции?

2. Какие параметры системы следует изменить для увеличения выхода целевого продукта реакции, если константа скорости реакции образования побочного вещества меньше, чем для целевого продукта?

3. Каким образом регулируют скорость цепного процесса?

4. Что может являться причиной теплового взрыва?

5. Каковы основные положения теории активных столкновений?

6. Каковы основные положения теории активированного комплекса?

7. Какова последовательность действий при экспериментальном определении характера диффузии?

8. Какие модели применяют для описания нестационарной диффузии?

9. Какие теоретические представления о кислотах и основаниях применяют для описания кислотно-основного гомогенного катализа?

10. Какие теоретические представления о кислотах и основаниях применяют для описания электрофильно-нуклеофильного гомогенного катализа?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к зачету**

1. Изменением какой термодинамической величины определяется тепловой эффект изобарного процесса без совершения другой работы, кроме работы расширения?

2. От чего не зависит значение функции состояния?

3. Какое математическое уравнение описывает теплоту процесса при изотермическом расширении газа?

4. Какое математическое дифференциальное уравнение описывает истинную теплоемкость изобарного процесса?

5. Какое математическое уравнение описывает взаимосвязь истинной и средней теплоемкостей?

6. Какой величине равна разность  $C_p - C_v$  для газов?

7. Разности каких термодинамических величин равен тепловой эффект реакции в изобарно-изотермических условиях согласно закону Гесса?

8. Какое математическое уравнение описывает зависимость теплоемкости от температуры для органических веществ?

9. Какой вид имеет математическое выражение второго закона термодинамики?

10. Как изменяется энтропия при смене агрегатного состояния  $t \rightarrow ж \rightarrow г$ ?

11. Какой формулой определяется изменение энтропии при фазовом переходе?

12. Какой величине равно изменение энтропии процесса возгонки 720 г льда при  $P = 1$  атм. и  $\Delta_{тН} = 46,7$  кДж/моль?

13. По какому закону вычисляют изменение энтропии при протекании химической реакции?

14. Как изменяется величина энергии Гиббса для самопроизвольного процесса?

15. Какая функция является термодинамическим потенциалом в изохорно-изотермических условиях?
16. Какая математическая формула является уравнением Гиббса-Гельмгольца для изобарного процесса?
17. Какую парциальную молярную величину называют химическим потенциалом?
18. Какое математическое уравнение является формулой для химического потенциала компонента идеального газа?
19. Как изменяется величина коэффициента летучести газа с ростом давления?
20. Какую величину называют «коэффициент фугитивности»?
21. Пропорционально какой величине возрастает химический потенциал компонента идеального раствора?
22. Каким выражением активность компонента связана с концентрацией?
23. От какого параметра не зависит величина константы равновесия?
24. Какой термодинамической величиной однозначно определяется величина константы равновесия при данной температуре и давлении?
25. Каким уравнением с величиной стандартной энергии Гиббса связана константа равновесия?
26. Как математически запишется уравнение константы равновесия реакции  $2\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$  в ситуации идеального газа?
27. Каким образом в соответствии с принципом Ле-Шателье – Брауна система реагирует на внешние воздействия?
28. Как влияет повышение температуры на смещение равновесия?
29. Как влияет повышение давления на смещение равновесия?
30. Как влияет разбавление газовой смеси инертными газами на смещение равновесия?
31. В какую сторону в результате разбавления газовой реакционной смеси инертным газом смещается равновесие?
32. Какая математическая формула является уравнением изобары?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
<b>Вариант 1</b>		
1.	В задачи термодинамики не входит	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет тепловых эффектов и теплового баланса системы</li> <li>2. Расчет возможности протекания процесса</li> <li>3. Расчет энергии активации</li> <li>4. Расчет оптимальных условий проведения процесса</li> </ol>
2.	Теплота эндотермического процесса в адиабатических условиях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Положительная</li> <li>2. Нулевая</li> <li>3. Отрицательная</li> <li>4. Не зависит от температуры</li> </ol>
3.	Значение функции состояния не зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Температуры</li> <li>2. Давления</li> <li>3. Пути процесса</li> <li>4. Конечных условий состояния системы</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Тепловой эффект изобарного процесса равен	1. Изменению энергии Гиббса системы 2. Изменению энтальпии системы 3. Изменению внутренней энергии системы 4. Изменению энтальпии системы
5.	При изобарных условиях теплота является	1. Постоянной величиной 2. Термодинамическим потенциалом 3. Функцией состояния 4. Электрохимическим потенциалом
6.	Разность $C_p - C_v$ для твердых тел равна, Дж/(моль·К)	1. 1 2. 0,5 3. 0,75 4. 0,33
7.	Тепловой эффект процесса при заданной температуре вычисляют по уравнению	1. Кольрауша 2. Гесса 3. Кирхгофа 4. Клапейрона
8.	Энтропия – это логарифмическая функция	1. Постоянства системы 2. Температуры 3. Массы вещества 4. Термодинамической вероятности
9.	Изменение энтропии при смешивании двух газов выражает формула	1. $R \ln \frac{p_1}{p_2}$ 2. $n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2}$ 3. $nc_p \ln \frac{T_2}{T_1}$ 4. $\Delta U - W$
10.	Изменение энтропии при протекании химической реакции вычисляют по закону	1. Келли 2. Кирхгофа 3. Гесса 4. Стромберга
11.	В изохорно-изотермических условиях реакции протекают самопроизвольно в направлении	1. Прямой реакции 2. Понижения энергии Гиббса 3. Понижения энергии Гельмгольца 4. Обратной реакции
12.	Какая функция является потенциалом в изохорно-изотермических условиях?	1. Энергия Гиббса G 2. Энергия Гельмгольца A 3. Внутренняя энергия U 4. Энтальпия H
13.	Второе уравнение Гиббса-Дюгема	1. $\sum x_i \bar{g}_i = 0$ 2. $\sum x_i d\bar{g}_i = 1$ 3. $\sum x_i d\bar{g}_i = 8,31$ 4. $\sum x_i d\bar{g}_i = 0$



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	Математически ПМВ – это	1. $\bar{g}_i = \left( \frac{\partial g_i}{\partial n_i} \right)_{P,T,n_j}$ 2. $\bar{g}_i = \left( \frac{g_{\text{общ}}}{n_i} \right)_{P,T,n_j}$ 3. $\bar{g}_i = \left( \frac{\partial g_{\text{общ}}}{\partial n_i} \right)_{P,V,n_j}$ 4. $\bar{g}_i = \left( \frac{\partial g_{\text{общ}}}{\partial n_i} \right)_{P,T,n_j}$
15.	Дифференциал изменения энергии Гиббса dG при изобарном расширении 1 моль идеального газа	1. $C_p dT$ 2. $C_v dT$ 3. $p dV$ 4. $V dp$
16.	Фугитивность имеет размерность	1. Температуры 2. Давления 3. Дж/моль 4. кг/м <sup>3</sup>
17.	При образовании идеального раствора изменение энтропии	1. = 8,31 2. $= n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2}$ 3. = 0 4. > 0
18.	Уравнение изотермы химической реакции	1. $\Delta_r G = (\ln \prod \tilde{P}_i - \ln K^0)$ 2. $\Delta_r G = RT (\ln \prod \tilde{P}_i + \ln K^0)$ 3. $\Delta_r G = RT (\ln \prod \tilde{P}_i - \ln K^0)$ 4. $\Delta_r G = -RT \ln K$
19.	Парциальное давление компонента газовой смеси рассчитывается по формуле	1. $P_i = m_i \cdot P_{\Sigma}$ 2. $P_i = G_i \cdot P_{\Sigma}$ 3. $P_i = x_i \cdot P_{\Sigma}$ 4. $P_i = x_i \cdot P_{\Sigma}$
20.	Для реакции $3\text{H}_2(\text{г}) + \text{N}_2(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г})$ увеличение давления приведет к смещению равновесия в сторону:	1. Экзотермической реакции 2. Прямой реакции 3. Эндотермической реакции 4. На равновесие не влияет
<b>Вариант 2</b>		
1.	Внутренняя энергия постоянна	1. В изобарных условиях 2. При постоянной температуре 3. В изолированной системе 4. В адиабатических условиях
2.	Тепловой эффект изобарного процесса без совершения другой работы, кроме работы расширения, равен	1. $\Delta U$ 2. $p \Delta V$ 3. $V \Delta p$ 4. $C \Delta T$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
3.	Составляющей внутренней энергии не является энергия	1. Поступательного и вращательного движения молекул 2. Движения электронов 3. Внутриводородная энергия 4. Межмолекулярного взаимодействия
4.	Изохорная теплоемкость одноатомного газа равна	1. 1,5 R 2. 26 Дж/моль·К 3. 2,5 R 4. 0,5 RT
5.	Изобарная теплоемкость при 298 К равна 26 Дж/(моль·К) у	1. CaO 2. MgCO <sub>3</sub> 3. В 4. Ca
6.	Зависимость теплоемкости от температуры описывается при помощи рядов	1. Келли 2. Кирхгофа 3. Зайцева 4. Стромберга
7.	При смене агрегатного состояния $t \rightarrow ж \rightarrow г$ энтропия	1. Уменьшается 2. Уменьшается, потом увеличивается 3. Увеличивается 4. Не изменяется
8.	Изобарно-изотермический потенциал – это	1. Энергия Гиббса 2. Энергия Гельмгольца 3. Энтропия 4. Энтальпия
9.	Разница значений энергии Гиббса и энергии Гельмгольца составляет	1. ST 2. PV 3. SV 4. RT
10.	Абсолютная энтропия любого вещества с ростом температуры	1. Плавно возрастает 2. Плавно снижается 3. Возрастает, но имеет разрывы сплошности при температурах фазовых переходов 4. Имеет максимумы и минимумы
11.	Для индивидуального вещества ПМВ равна	1. Экстенсивному свойству данного вещества 2. Свойству данного вещества 3. Молярному свойству данного вещества 4. Экстенсивному свойству системы
12.	Самопроизвольный процесс протекает в направлении	1. Увеличения химического потенциала 2. Уменьшения химического потенциала 3. Неравенства химического потенциала 4. Бесконечного
13.	Какой параметр следует подставлять вместо давления в выражение для хим. потенциала реального газа	1. Концентрацию газа 2. Летучесть 3. Температуру 4. Активность

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	Коэффициент фугитивности – это	1. Поправка на неидеальность газовой смеси 2. Поправка к ионной силе раствора 3. Коэффициент, характеризующий поверхностную активность 4. Поправка на неидеальность поверхности
15.	Химический потенциал компонента идеального раствора возрастает пропорционально	1. Давлению 2. Логарифму давления 3. Логарифму мольной доли 4. Логарифму температуры
16.	Стандартный химический потенциал раствора вычисляется по	1. Активности компонента при T=237К 2. Активности компонента в стандартном состоянии 3. Активности чистого вещества 4. Активности вещества в состоянии «газ»
17.	С величиной стандартной энергии Гиббса константа равновесия связана уравнением	1. $\Delta_r G^0 = (\ln \prod \tilde{P}_i - \ln K^0)$ 2. $\Delta_r G^0 = RT(\ln \prod \tilde{P}_i - \ln K^0)$ 3. $\Delta_r G^0 = RT(\ln \prod f_i - \ln K^0)$ 4. $\Delta_r G^0 = -RT \ln K$
18.	Относительное давление численно равно давлению, выраженному в	1. атм. 2. Па 3. мм. рт. ст. 4. кгс/см <sup>2</sup>
19.	В соответствии с принципом Ле-Шателье – Брауна система реагирует на внешние воздействия следующим образом	1. Не реагирует 2. Сжимается 3. Расширяется 4. Старается уменьшить это воздействие
20.	Уравнение изобары	1. $\frac{d \ln K^0}{dT} = \frac{\Delta_r H^0}{R} T^2$ 2. $\frac{d \ln K^0}{dT} = \frac{\Delta_r H^0}{R} - \left( \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right)$ 3. $\frac{d \ln K^0}{dT} = \frac{\Delta_r H^0}{R} = \left( \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right)$ 4. $\frac{d \ln K^0}{dT} = \frac{\Delta_r H^0}{R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right)$
<b>Вариант 3</b>		
1.	Если изменение направления процесса осуществляется бесконечно малым воздействием на систему, а после осуществления процесса не наступает изменений во внешней среде, то процесс	1. Изотермический 2. Изохорный 3. Самопроизвольный 4. Обратимый

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
2.	Тепловой эффект реакции при постоянном объеме и данной температуре равен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta H - \Delta n_{gas} RT</math></li> <li>2. <math>\Delta H + \Delta n_{gas} RT</math></li> <li>3. <math>\Delta H + nR\Delta T</math></li> <li>4. <math>nc_v\Delta T</math></li> </ol>
3.	При изобарном расширении газа теплота равна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P\Delta V</math></li> <li>2. 0</li> <li>3. <math>C_p\Delta T</math></li> <li>4. <math>C_v\Delta T</math></li> </ol>
4.	Тепловой эффект изотермического процесса равен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменению энергии Гиббса системы</li> <li>2. Изменению энтальпии системы</li> <li>3. Изменению внутренней энергии системы</li> <li>4. Нулю</li> </ol>
5.	Изохорная теплоемкость $H_2O$ равна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1,5 R</li> <li>2. 45 R</li> <li>3. 6 R</li> <li>4. 0,5 RT</li> </ol>
6.	Тепловой эффект реакции в водном растворе при $PT = const$ рассчитывают по	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молекулярному уравнению реакции.</li> <li>2. Сокращенному ионному уравнению.</li> <li>3. Системе фазовых превращений.</li> <li>4. Квадратному уравнению.</li> </ol>
7.	Изменение коэффициентов $a$ $b$ $c$ $c'$ для химической реакции вычисляется по закону	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Келли</li> <li>2. Зайцева</li> <li>3. Гесса</li> <li>4. Стромберга</li> </ol>
8.	Для реакции $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} = NH_4Cl_{(s)}$ изменение энтропии	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. =0</li> <li>2. &gt;0</li> <li>3. &lt;0</li> <li>4. =8,31</li> </ol>
9.	Изменение энтропии идеальной системы равно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>n(C_p - R)\ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_2}{V_1}</math></li> <li>2. <math>nC_v\ln\frac{T_1}{T_2} + nR\ln\frac{V_2}{V_1}</math></li> <li>3. <math>nC_v\ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_1}{V_2}</math></li> <li>5. <math>nR\ln\frac{T_2}{T_1} + nC_v\frac{V_2}{V_1}</math></li> </ol>
10.	Энергия Гельмгольца выведена для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>pE = const</math></li> <li>2. <math>PT = const</math></li> <li>3. <math>PV = const</math></li> <li>4. <math>VT = const</math></li> </ol>
11.	Производная от энергии Гиббса по температуре при постоянных давлении и составе равна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплоемкости</li> <li>2. Энтропии</li> <li>3. Энтропии со знаком минус</li> <li>4. Объему</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
12.	Понятие «парциальная молярная величина» ввел	1. Авогадро 2. Люис 3. Стокс 4. Бронкс
13.	Первое уравнение Гиббса-Дюгема выведено в предположении, что изменяется	1. Масса системы 2. Давление системы 3. Температура системы 4. Объем системы
14.	$(\partial G / \partial P)_{T, n_j} =$	1. S 2. -S 3. V 4. U
15.	Энергия Гиббса системы может быть вычислена как	1. $\Delta G_{\Sigma} = \sum \mu_i x_i$ 2. $\Delta G_{\Sigma} = -\sum \mu_i x_i$ 3. $\Delta G_{\Sigma} = \sum \mu_i dx_i$ 4. $\Delta G_{\Sigma} = \sum \mu_i r_i$
16.	$\mu^0$ – это	1. Стандартный химический потенциал 2. Нулевой химический потенциал 3. Химический потенциал при 298 К 4. Так рассчитывается температура кипения воды
17.	Приведенный параметр – это	1. Отношение данного параметра к его стандартному значению 2. Отношение значения данного параметра к его критическому значению 3. Произведение данного параметра и его критического значения 4. Сумма данного параметра и его стандартного значения
18.	Активность компонента связана с концентрацией выражением	1. $a = \gamma + C$ 2. $a = \gamma - C$ 3. $a = C^{\gamma}$ 4. $a = \gamma C$
19.	Если $K^0 = \prod \tilde{P}_i$ , то равновесие смещается в сторону	1. Реакции с уменьшением объема 2. Прямой реакции 3. То это состояние равновесия 4. Обратной реакции
20.	Разбавление газовой смеси инертными газами	1. Сдвигает равновесие в сторону эндотермического процесса 2. Сдвигает равновесие в сторону экзотермического процесса 3. Не влияет на равновесие 4. Сдвигает равновесие в сторону образования газообразных веществ

### 6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение не менее 85 % лекционных и лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

### 6.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

#### 6.3.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. Какие методы применяют для вычисления константы равновесия реакции при заданной температуре?
2. Какая математическая формула является уравнением Шредера?
3. Каким термодинамическим параметром согласно уравнению Шредера, определяется растворимость твердого вещества?
4. Какой параметр наиболее связан с изменением температуры плавления чистого вещества при увеличении или уменьшении внешнего давления?
5. Какую характеристику растворенного вещества можно определить по понижению давления насыщенного пара?
6. Какое математическое уравнение описывает относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором?
7. Какой термодинамический параметр вещества не определяют по температуре замерзания раствора?
8. Как влияет рост концентрации раствора на величину давления насыщенного пара растворителя?
9. Какое математическое уравнение является закон Рауля для неидеального раствора?
10. Как соотносятся между собой температура замерзания раствора и температура замерзания чистого растворителя?
11. Какое математическое уравнение применяют для расчёта криоскопической постоянной с использованием справочных величин?

12. Какое математическое уравнение описывает изменение температуры замерзания реального раствора?
13. Какое математическое уравнение применяют для расчёта эбуллиоскопической постоянной с использованием справочных величин?
14. Как увеличение концентрации раствора влияет на температуру его кипения?
15. Какая математическая формула является дифференциальным уравнением Клаузиуса-Клапейрона?
16. Какая математическая формула является дифференциальным уравнением Клаузиуса-Клапейрона процесса плавления?
17. Какая математическая формула является дифференциальным уравнением Клаузиуса-Клапейрона процесса изменения аллотропной модификации?
18. Какая математическая формула является интегральной формой уравнения Клаузиуса – Клапейрона для фазовых переходов ж=г, т=г?
19. Какая математическая формула является интегральной формой уравнения Клаузиуса – Клапейрона для процессов плавления и полиморфного превращения?
20. По какой формуле вычисляют давление пара в процессе сублимации чистого вещества?
21. Как запишется уравнение правила фаз Гиббса для диаграммы состояния ж=г?
22. Какая математическая формула описывает закон Рауля?
23. Каким компонентом обогащен пар согласно первому закону Коновалова?
24. Как соотносятся состав пара и жидкости в точке азеотропа согласно второму закону Коновалова?
25. Какое соединение называют инконгруэнтно плавящимся?
26. Какая формула соответствует дифференциальному уравнению скорости химической реакции по исходным веществам?
27. Какая формула соответствует дифференциальному уравнению скорости гетерогенной химической реакции?
28. Элементарная реакция идет во сколько стадий?
29. Скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагентов в степенях, равных чему?
30. Каким уравнением определяется скорость прямого процесса для реакции (считая ее элементарной)  $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$ ?
31. Какой параметр влияет на величину константы скорости реакции?
32. Каким уравнением описывается зависимость концентрации от времени в реакции первого порядка?
33. Каким уравнением описывается зависимость концентрации от времени в реакции второго порядка?
34. Каким уравнением описывается зависимость концентрации от времени в реакции третьего порядка?
35. Каково уравнение константы скорости реакции первого порядка?
36. Какова формулировка правила Вант-Гоффа?
37. Какова математическая формула правила Вант-Гоффа?
38. Какая математическая формула является уравнением Аррениуса?

### 6.3.2. Примерные тестовые задания к экзамену

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
<b>Вариант 1</b>		
1.	Внутренняя энергия постоянна:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В изобарных условиях</li> <li>2. В изохорных условиях</li> <li>3. При постоянной температуре</li> <li>4. В адиабатических условиях</li> </ol>
2.	Энтальпия это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>U + pV</math></li> <li>2. <math>U - TS</math></li> <li>3. <math>H - TS</math></li> <li>4. <math>C_p \cdot \Delta T</math></li> </ol>
3.	Изохорная теплоемкость $H_2O$ равна	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1,5 R</li> <li>2. 45 R</li> <li>3. 2,5 R</li> <li>4. 6 R</li> <li>5. 0,5 RT</li> </ol>
4.	Разница значений энергии Гиббса и энергии Гельмгольца составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ST</li> <li>2. PT</li> <li>3. PV</li> <li>4. RT</li> </ol>
5.	Абсолютная энтропия любого вещества с ростом температуры	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плавно возрастает</li> <li>2. Плавно снижается</li> <li>3. Возрастает, но имеет разрывы сплошности при температурах фазовых переходов</li> <li>4. Имеет максимумы и минимумы</li> </ol>
6.	Коэффициент летучести газа с ростом давления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Остается постоянным и равным единице</li> <li>2. Вначале падает, проходит через минимум, затем растет</li> <li>3. Постоянно падает</li> <li>4. Вначале растет, затем падает</li> </ol>
7.	При образовании идеального раствора тепловой эффект	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>= 8,31</math></li> <li>2. <math>=RT</math></li> <li>3. <math>=0</math></li> <li>4. <math>&gt;0</math></li> </ol>
8.	Величина константы равновесия при данной температуре и давлении определяется однозначно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Энтальпией</li> <li>2. Энтропией</li> <li>3. Внутренней энергией</li> <li>4. Стандартной энергией Гиббса</li> </ol>
9.	Если $K^0 < \prod \tilde{P}_i$ , то равновесие смещается в сторону	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реакции с уменьшением объема</li> <li>2. Прямой реакции</li> <li>3. Реакции с увеличением газовых молей</li> <li>4. Обратной реакции</li> </ol>
10.	Давление насыщенного пара растворителя над раствором $p_1$ определяется выражением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P_1 = p_1^0</math></li> <li>2. <math>P_1 = x \cdot p_1^0</math></li> <li>3. <math>P_1 = p_{\text{атмосферное}}</math></li> <li>4. <math>P_1 = 101,3 \text{ кПа} = \text{const}</math></li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	Согласно второму закону Коновалова, состав равновесного пара над смесью в точке азеотропа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не равен составу жидкости</li> <li>2. Равен составу жидкости</li> <li>3. Меньше состава жидкости</li> <li>4. Не зависит от состава жидкости</li> </ol>
12.	Для реакции (считая ее элементарной) $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$ скорость прямого процесса определяется уравнением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>W = k \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{N}_2]</math></li> <li>2. <math>W = k[\text{H}_2] \cdot [\text{N}_2]^2</math></li> <li>3. <math>W = k[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]</math></li> <li>4. <math>W = k[\text{NH}_3]^2</math></li> </ol>
13.	Константа скорости реакции зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Температуры</li> <li>2. Давления</li> <li>3. Концентрации</li> <li>4. Времени</li> </ol>
14.	Потенциал электрода не зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Степени диссоциации</li> <li>2. Состава раствора</li> <li>3. Коэффициентов активности</li> <li>4. Температуры раствора</li> </ol>
15.	Электродом второго рода является следующий электрод	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Газовый</li> <li>2. Хлорсеребряный</li> <li>3. Металлический в растворе своей соли</li> <li>4. Ионоселективный</li> </ol>
16.	Процесс пойдет в прямом направлении, если	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta G = 0</math></li> <li>2. <math>\Delta G &gt; 0</math></li> <li>3. <math>\Delta G &lt; 0</math></li> <li>4. <math>\Delta G &gt; 100</math></li> </ol>
17.	При электролизе раствора хлорида натрия на аноде	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Восстанавливается натрий</li> <li>2. Окисляется хлор</li> <li>3. Выделяется водород</li> <li>4. Образуется гидроксид натрия</li> </ol>
18.	Потенциал катода при рабочей плотности тока равен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\varphi_k = \varphi_k^* + \eta_k</math>,</li> <li>2. <math>\varphi_k = \varphi_k^* / \eta_k</math>,</li> <li>3. <math>\varphi_k = \varphi_k^* - \eta_k</math>,</li> <li>4. <math>\varphi_k = -\varphi_k^* \eta_k</math>,</li> </ol>
19.	Для анодного процесса величина потенциала электрода под током по сравнению с равновесным потенциалом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Меньше</li> <li>2. Больше</li> <li>3. Обрато пропорциональна</li> <li>4. Прямо пропорциональна</li> </ol>
20.	Если энергия активации мало зависит от плотности тока, то перенапряжение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Диффузионное</li> <li>2. Фазовое</li> <li>3. Электрическое</li> <li>4. Химическое</li> </ol>
<b>Вариант 2</b>		
1.	По какому из видов уравнений вычисляют тепловой эффект реакции в водном растворе при $pt = \text{const}$ ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молекулярное</li> <li>2. Полное ионное</li> <li>3. Сокращенное ионное</li> <li>4. Квадратное</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
2.	Зависимость теплоемкости от температуры для органических веществ выражается уравнением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>a + bt - ct^2</math></li> <li>2. <math>a - bt + ct^2</math></li> <li>3. <math>a + bt + ct^2</math></li> <li>4. <math>a + bt \cdot ct^2</math></li> </ol>
3.	Уравнение, объединяющее I и II законы термодинамики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Tds \geq du - pdv</math></li> <li>2. <math>Du + pdv \geq tds</math></li> <li>3. <math>Tds \geq du + pdv</math></li> <li>4. <math>Du - pdv \geq tds</math></li> </ol>
4.	Каким из термодинамических потенциалов является энергия Гиббса?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изохорно-изотермический</li> <li>2. Изоэнтропийно-изохорный</li> <li>3. Изобарно-изотермический</li> <li>4. Изобарно-изохорный</li> </ol>
5.	В уравнении Гиббса-Дюгема в интегральной форме $x_i$ – это	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молярная концентрация</li> <li>2. Моляльная концентрация</li> <li>3. Нормальная концентрация</li> <li>4. Массовая доля</li> </ol>
6.	Химический потенциал идеального газа возрастает пропорционально	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p</math></li> <li>2. <math>\ln p</math></li> <li>3. <math>V</math></li> <li>4. <math>\ln T</math></li> </ol>
7.	Величина фугитивности вычисляется по формуле	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>F = ap</math></li> <li>2. <math>F = \gamma c</math></li> <li>3. <math>F = \gamma p</math></li> <li>4. <math>F = \gamma g</math></li> </ol>
8.	В рациональной шкале концентраций используются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молярные доли</li> <li>2. Моляльности</li> <li>3. Молярности</li> <li>4. Объемные доли</li> </ol>
9.	Какие способы стандартизации активностей Вам известны?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Симметричный</li> <li>2. Асимметричный</li> <li>3. Симметричный и асимметричный</li> <li>4. Приблизительный</li> </ol>
10.	Число степеней свободы двойной эвтектики в 4-компонентной системе равно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0</li> <li>2. 1</li> <li>3. 2</li> <li>4. 4</li> </ol>
11.	Правило фаз Гиббса для изобарической диаграммы состояния системы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>F = K - \Phi + 2</math></li> <li>2. <math>F = K - \Phi + 1</math></li> <li>3. <math>F = \Phi - K + 1</math></li> <li>4. <math>F = K + \Phi - 2</math></li> </ol>
12.	Молекулярность реакции $H_2 + I_2 = 2HI$ , считая ее элементарной	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1</li> <li>2. 2</li> <li>3. 3</li> <li>4. 5</li> </ol>
13.	При увеличении концентрации исходных веществ в 2 раза константа скорости реакции первого порядка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличится в 5 раз</li> <li>2. Увеличится в 10 раз</li> <li>3. Увеличится в 2 раза</li> <li>4. Не изменится</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	Уравнение Нернста служит для расчета	1. Сопротивления 2. Силы тока 3. Теплового эффекта 4. Потенциала электрода
15.	При электролизе раствора хлорида алюминия на катоде	1. Выделяется алюминий 2. Окисляется хлор 3. Выделяется водород 4. Восстанавливается и алюминий и водород
16.	При электролизе раствора гидроксида натрия на аноде	1. Восстанавливается натрий 2. Выделяется водород 3. Выделяется кислород 4. Образуется оксид натрия
17.	Напряжением разложения электролита является	1. $\varphi_a \cdot \varphi_k$ 2. $\varphi_a + \varphi_k$ 3. $\varphi_k - \varphi_a$ 4. $\varphi_a - \varphi_k$
18.	Перенапряжение $\eta$ – это	1. $\varphi + \varphi^*$ 2. $\varphi - \varphi^*$ 3. $\varphi\varphi^*$ 4. $\varphi^* - \varphi$
19.	Фазовое перенапряжение возникает, когда лимитирующей стадией является	1. Транспорт реагирующего вещества 2. Фазовые превращения 3. Химические реакции 4. Нагревание раствора
20.	Величина тока обмена не определяется	1. Природой электрохимической реакции 2. Температурой 3. Природой реагирующих веществ 4. Энтальпией реакции
<b>Вариант 3</b>		
1.	Разность $C_p - C_v$ для газов равна, Дж/моль·К	1. 8,31 2. 1 3. 0,75 4. 22,4
2.	Изменение коэффициентов $a$ $b$ $c$ $c'$ для химической реакции вычисляется по закону	1. Келли 2. Кирхгофа 3. Гесса 4. Стромберга
3.	В зависимости от каких параметров энергия Гельмгольца $A$ становится характеристической функцией:	1. $T, P$ 2. $T, V$ 3. $S, p$ 4. $H, V$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Первое уравнение Гиббса-Дюгема выведено в предположении, что изменяется	1. Масса системы 2. Давление системы 3. Состав системы 4. Объем системы
5.	Дифференциал изменения энергии Гиббса $dg$ при изотермическом расширении 1 моль идеального газа	1. $C_p dt$ 2. $C_v dt$ 3. $P dv$ 4. $V dp$
6.	Какой параметр следует подставлять вместо давления в выражение для хим. потенциала реального газа?	1. Концентрацию газа 2. Летучесть 3. Температуру 4. Активность
7.	За стандартное состояние газа принимают	1. Газ при давлении 1 атм. 2. Газ при давлении 2 Па 3. Газ идеальный 4. Любой благородный газ
8.	В формуле для расчета фугитивности $\gamma$ – это	1. Коэффициент диффузии 2. Коэффициент фугитивности 3. Коэффициент сходимости 4. Коэффициент адиабаты
9.	Для изохорно-изотермических условий по уравнению изотермы рассчитывают	1. Изменение энтальпии 2. Энергию Гельмгольца 3. Внутреннюю энергию 4. Энергию Гиббса
10.	Легколетучий компонент кипит при	1. Более высокой температуре 2. Более низкой температуре 3. Пониженной температуре системы 4. Постоянной температуре системы
11.	Молекулярность реакции $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ , считая ее элементарной, равна	1. 1 2. 2 3. 3 4. 5
12.	Энтропия активации равна нулю в реакции	1. Обмена 2. Первого порядка 3. Второго порядка 4. Замещения
13.	Диффузия – это процесс перемещения молекул вещества в неподвижной среде под влиянием	1. Температуры 2. Электрического поля 3. Градиента концентрации 4. Градиента плотности
14.	С ростом температуры коэффициент диффузии	1. Уменьшается 2. Увеличивается 3. Меняется от 1 до 100 % 4. Зависимость имеет вид параболы
15.	Анодом является электрод	1. Положительный 2. На котором происходит окисление 3. На котором происходит восстановление 4. На котором выделяется металл

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
16.	$\varphi^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В}$ . ЭДС гальванического элемента $\text{Zn} \text{Zn}^{2+}(0,1\text{м})  \text{Zn}^{2+}(0,01\text{м}) \text{Zn}$ при $25^\circ\text{C}$ равна, В	1. 0,3 2. 0,03 3. -0,03 4. 0,05
17.	Потенциал анода при рабочей плотности тока равен	1. $\varphi_a = \varphi_a^* - \eta_a$ 2. $\varphi_a = \varphi_a^* + \eta_a$ 3. $\varphi_a = \varphi_a^*/\eta_a$ 4. $\varphi_a = -\varphi_a^*\eta_a$
18.	Напряжение разложения связано с ЭДС гальванического элемента ( $U_0$ ) формулой	1. $U_0 + \eta_a + \eta_k$ 2. $U_0\eta_a\eta_k$ 3. $U_0 - \eta_a - \eta_k$ 4. $U_0(\eta_a + \eta_k)$
19.	Мерой скорости электрохимической реакции является	1. Сила тока 2. Плотность тока 3. Поляризация 4. Сопротивление
20.	Диффузионное перенапряжение возникает, когда лимитирующей стадией является	1. Транспорт реагирующего вещества 2. Электрохимическая реакция 3. Химические реакции 4. Нагревание раствора

### 6.3.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Еремин В.В. Основы физической химии. Теория. В двух частях. Учебное пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко. М.: «Лаборатория знаний». 2015. 589 с. <https://e.lanbook.com/book/84118>
2. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. Учебник. М.: «Лаборатория знаний». 2017. 410 с. <https://e.lanbook.com/book/97412>
3. Салем Р.Р. Физическая химия. Термодинамика. Учебное пособие. М.: «Физматлит». 2004. 352 с. <https://e.lanbook.com/book/59271>

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. Учебник. 4 издание, исправленное. М.: «Высшая школа». 2001. 527 с. [http://www.studmed.ru/stromberg-ag-semchenko-dp-fizicheskaya-himiya\\_0216af111e9.html](http://www.studmed.ru/stromberg-ag-semchenko-dp-fizicheskaya-himiya_0216af111e9.html)
2. Древинг В.П., Калашников Я.А. Правило фаз с изложением основ термодинамики. Издание 2, переработанное и дополненное. М., Изд-во Московского ун-та. 1964. 456 с. <https://www.twirpx.com/file/1287874/>

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Черемисина О.В., Литвинова Т.Е. Специальные главы химии. Фазовые равновесия. Кинетика химических реакций. Расчёты в коллоидной химии. Методические указания для самостоятельной работы студентов. СПб. – Горный университет. 2016. 54 с. <http://old.spmi.ru/system/files/lib/uch/metodichki/2016-212.pdf>
2. Черемисина О.В., Литвинова Т.Е. Специальные главы химии. Химическая термодинамика. Методические указания для самостоятельной работы студентов. СПб. – Горный университет. 2016. 56 с. <http://old.spmi.ru/system/files/lib/uch/metodichki/2016-213.pdf>

### 7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»; [www.garant.ru](http://www.garant.ru)
2. Справочно-поисковая система Консультант Плюс; [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
3. Электронно-библиотечная система «Лань»; <https://e.lanbook.com/books>
4. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»; <http://znanium.com>
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»; <http://biblioclub.ru>
6. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»; <http://www.bibliocomplectator.ru>

7. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
8. Термические константы веществ. Электронная база данных. <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>
9. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
10. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### *Оснащенность помещений для лабораторных работ*

Лабораторный практикум выполняют в комплексной учебной лаборатории факультета переработки минерального сырья (Учебный центр № 1), оснащенной оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия».

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) – 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).