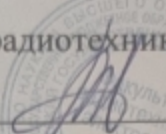


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

 / В.А. Небольсин /

07 марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физическая химия»

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Профиль Функциональные материалы

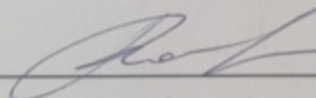
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

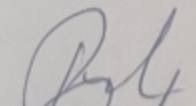
Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

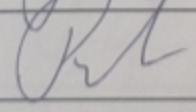
Автор программы

 Г.Ю. Вострикова

Заведующий кафедрой
Химии и химической
технологии материалов

 О.Б. Рудаков

Руководитель ОПОП

 О.Б. Рудаков

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины - формирование у студентов целостного представления о процессах и явлениях в живой и неживой природе, овладение основами физической химии для использования в профессиональной и познавательной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение и объяснение закономерностей, определяющих направленность химических процессов, скорость их протекания, влияние на них среды, а также условия получения максимального выхода продукта и получения новых материалов с необходимыми свойствами;
- овладение теоретическими и экспериментальными физико-химическими методами (квантово-механическим, термодинамическим, статистическим, кинетическим, физико-химическим анализом) для решения практических задач профессиональной направленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физическая химия» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-4 - Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин (ИД-1 _{УК-1})
	уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ИД-3 _{УК-1} ; ИД-2 _{УК-1})
	владеть основными законами и методами физической химии в решении профессиональных задач (ИД-4 _{УК-1})
ОПК-4	знать начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных и фотохимических реакций;

	основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа (ИД-1 _{ОПК-4})
	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; составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса (ИД-2 _{ОПК-4})
	владеть навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема; констант равновесия химических реакций при заданной температуре; давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава существующих фаз в двухкомпонентных системах; методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента (ИД-3 _{ОПК-4})

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физическая химия» составляет 9 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	140	54	86
В том числе:			
Лекции	52	18	34
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	52	18	34
Самостоятельная работа	148	90	58
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	324	144	180
зач.ед.	9	4	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Строение вещества и реакционная способность веществ. Элементы I-VIII группы ПС	<p>Квантово-механические представления о строении атома. Двойственная природа электрона. Атомная орбиталь. Квантовые числа. Принцип минимальной энергии. Правило Клечковского. Принцип запрета Паули. Правило Гунда. Электронные конфигурации атомов и ионов. Периодический закон и периодическая система элементов. Периодические свойства элементов. Радиусы атомов. Энергия ионизации. Сродство к электрону. Электроотрицательность. Периодическое изменение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств веществ. Химическая связь. Ковалентная связь. Метод валентных связей. Обменный и донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи. Гибридизация атомных электронных орбиталей, геометрическая структура молекул. Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Свойства и реакционная способность веществ, составляющих основу строительных материалов.</p>	10	6	10	24	50
2	Химическая термодинамика	<p>Первый закон термодинамики. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и процесса. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Закон сохранения и превращения энергии. Основные формулировки первого начала термодинамики. Взаимосвязь теплоты, работы и изменения</p>	10	6	10	24	50

		внутренней энергии в процессах. Теплота и работа расширения (сжатия) идеального газа в изотермическом, изобарном, изохорном, изобарно-изотермическом, адиабатическом процессах.					
3	Химическая кинетика и катализ	Общие понятия и определения. Скорость реакции. Закон действия масс и кинетическое уравнение реакции. Молекулярность и порядок реакции. Константа скорости реакций нулевого, первого, второго порядков. Методы определения порядка реакции. Теория активных столкновений. Энергия активации. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Определение энергии активации. Гетерогенные химические реакции. Особенности реакций в конденсированной фазе. Гетерогенные химические реакции как сложный многостадийный процесс. Кинетические закономерности отдельных стадий гетерогенных реакций.	8	6	8	24	46
4	Растворы	Общая характеристика и термодинамика растворов. Учение Д.И. Менделеева о растворах. Идеальные, предельно разбавленные растворы. Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля. Причины отступления от него. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания. Криоскопия и эбулиоскопия. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость твердых веществ.	8	6	8	24	46
5	Электрохимич. системы	Поляризация и перенапряжение. Химические источники тока: первичные гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы.	8	6	8	26	48

		Защита металлов от коррозии. Электролиз. Процессы, протекающие при электролизе водных растворов электролитов. Законы Фарадея.					
6	Фазовое равновесие	Понятие "фаза", "компонент", "составные части", "степень свободы". Вывод и анализ правила фаз Гиббса. Условия фазового. Диаграммы состояния однокомпонентной системы (вода, кремнезем). Фазовые равновесия в конденсированных системах Физико-химический анализ многокомпонентных систем. Принцип непрерывности в соответствии Н.С. Курчатова. Термический анализ, кривые охлаждения. Диаграммы плавкости (растворимости) двухкомпонентных и трехкомпонентных систем. Реальные диаграммы состояния систем CaO-SiO_2 , $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$: вид диаграмм, пути кристаллизации. Фазовые переходы и равновесия в силикатных системах.	8	6	8	26	48
Итого			52	36	52	148	288

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	3
1.	Строение вещества	Сборка моделей неорганических веществ
2.	Химическая термодинамика	а) Определение молярной интегральной теплоты растворения соли;
3.	Химическая термодинамика	б) Определение теплоты гашения извести.
4.	Химическая кинетика	а) Изучение кинетики реакции гидролиза уксусно-этилового эфира.

		б) Изучение кинетики реакции гидролиза уксусного ангидрида кондуктометрическим методом
5.	Растворы	Определения молярной массы растворенного вещества криоскопическим методом.
6.	Растворы	Замерзание и кипение растворов
7.	Фазовые равновесия	Изучение свойств и путей кристаллизации минералов в силикатной системе CaO –SiO ₂ 3
8.	Фазовые равновесия	Построение фазовой диаграммы с простой эфтектикой
9.	Фазовые равновесия	Определение фазового состояния системы в каждой области различных фазовых диаграмм

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин (ИД-1 _{УК-1})	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ИД-3 _{УК-1} ; ИД-2 _{УК-1})	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть основными законами и методами	Решение прикладных задач в конкретной предметной	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

	физической химии в решении профессиональных задач (ИД-4 _{ук-1})	области	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
ОПК-4	<p>знать начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных и фотохимических реакций; основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа (ИД-1_{опк-4})</p>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>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; составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса (ИД-2_{опк-4})</p>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<p>владеть навыками вычисления тепловых эффектов химических</p>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема; констант равновесия химических реакций при заданной температуре; давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава существующих фаз в двухкомпонентных системах; методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента (ИД-3 _{ОПК-4})		рабочих программах	в рабочих программах
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------	----------------------

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2, 3 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
УК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин (ИД-1 _{УК-1})	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ИД-3 _{УК-1} ; ИД-2 _{УК-1})	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть основными законами и методами физической химии в решении профессиональных задач (ИД-4 _{УК-1})	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-4	знать начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; термодинамику растворов и электролитов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	<p>электрохимических систем; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных и фотохимических реакций; основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа (ИД-1_{опк-4})</p>			
	<p>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; составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса (ИД-2_{опк-4})</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>
	<p>владеть навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема; констант равновесия химических реакций при заданной температуре; давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах; методами определения констант скорости реакций различных порядков по</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

	результатам кинетического эксперимента (ИД-3 _{ОПК-4})			
--	-----------------------------------------------------------------	--	--	--

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	знать основные законы естественнонаучных дисциплин (ИД-1 _{УК-1})	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ИД-3 _{УК-1} ; ИД-2 _{УК-1})	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть основными законами и методами физической химии в решении профессиональных задач (ИД-4 _{УК-1})	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-4	знать начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных и фотохимических реакций; основные теории гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа (ИД-1 _{ОПК-4})	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

<p>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; составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса (ИД-2опк-4)</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>
<p>владеть навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема; констант равновесия химических реакций при заданной температуре; давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах; методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

кинетического эксперимента (ИД-3 _{ОПК-4})					
-----------------------------------------------------	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию Типовой вариант заданий на тему «Химическая термодинамика»

№1

1. При каких условиях проведения реакции $Q = \Delta U$ (а) и $Q = \Delta H$ (б)? Чему равны $\Delta H_{\text{обр}}(\text{O}_2) = ?$ $\Delta H_{\text{обр}}(\text{C}_{\text{ТВ}}) = ?$ $\Delta H_{\text{обр}}(\text{Fe}_{\text{ТВ}}) = ?$.
2. Определите изменение внутренней энергии, количество теплоты и работу, совершаемую при обратимом изотермическом расширении азота от 0,5 до 4 м³ (начальные условия $t = 26, 8^\circ\text{C}$, $p = 93, 2$ кПа)
3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 2,7 кг H₂O от 293 до 390 К. Теплота испарения воды 1160, 9·10³ Дж/кг, массовая теплоемкость жидкой воды 4,2 кДж/кг·К, теплоемкость пара 2,0·10³ кДж/кг·К.
4. Для реакции $\text{C}_5\text{H}_{10(\text{г})} = \text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$ вычислите ΔS_{298}^0 , если стандартные энтропии $\text{C}_5\text{H}_{10(\text{г})}$, $\text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})}$, $\text{C}_3\text{H}_{8(\text{г})}$ соответственно равны 292, 9, 200,8 и 269,9 Дж/ моль·К.
5. Можно ли вычислить абсолютное значение внутренней энергии? Можно ли рассчитать абсолютное значение энтропии? Какая функция является критерием самопроизвольности процесса, протекающего в изолированной системе?

№2

1. Приведите классификацию систем по уровням взаимодействия с окружающей средой.
2. Определить работу изобарного обратимого расширения 1 моль идеального газа при его нагревании от $T_1 = 298$ К до $T_2 = 400$ К.
3. Рассчитайте изменение энтропии для процесса отвердевания бензола от 280 до 268 К, если теплота кристаллизации бензола равняется 13954 Дж/моль при 278 К, а молярные теплоемкости жидкого (C_p , жид) и твердого (C_p , тв) бензола соответственно равны 126 Дж/моль·К, 123 Дж/моль·К.
4. Что такое теплоемкость? Виды теплоемкости.
5. Запишите I закон термодинамики для изолированной системы. Система состоит из трех частей, внутренняя энергия которых U_1 , U_2 , U_3 . Как вычислить внутреннюю энергию всей системы?

№3

1. Запишите уравнение, связывающее энтропию и термодинамическую вероятность. Дайте определение термодинамической вероятности.
2. Найдите теплоту образования оксида углерода (II), если теплота образования оксида углерода (IV) равна 393,8 кДж/моль, а теплота реакции $\text{CO}(\text{г}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г})$ равна 283, 2 кДж.
3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 0,7 моль моноклинной

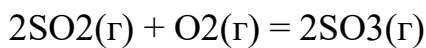
серы от 25⁰С до 200⁰С при давлении 1 атм. Мольная теплоемкость серы равна $C_p(S_{тв}) = 23,64$ Дж/моль К. $C_p(S_{жид}) = 35,73 + 1,17 \cdot 10^{-3} T$ Дж/моль К. Температура плавления моноклинной серы 119⁰С, удельная теплота плавления 45,2 Дж/г.

4. Система состоит из трех частей, энтропия которых S_1, S_2, S_3 . Как вычислить энтропию всей системы. В каком соотношении ($<$, $>$, $=$, \neq) находятся величины энтропий различных агрегатных состояний одного и того же вещества $S_{г}, S_{тв}, S_{ж}$?
5. Напишите выражение для определения теплоты в изохорном процессе.

Типовой вариант заданий на тему «Химическое и фазовое равновесие»

№1

1. Находящаяся в состоянии равновесия система (нужное подчеркнуть):

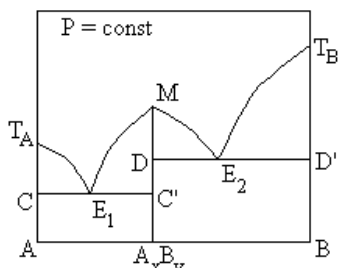


- 1) гомогенная 2) гетерогенная 3) однофазная
- 4) двухфазная 5) трехфазная 6) четырехфазная.

2. Выберите правую часть уравнения, описывающего ход линии моновариантного равновесия на P-T-диаграмме состояния

- 1) $\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$
- 2) $\frac{\Delta H}{RT}$
- 3) $\frac{\Delta H}{T}$
- 4) $\frac{\Delta H}{RT^2}$
- 5) $\frac{\Delta H}{T\Delta V}$
- 6) $\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

3. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы с одним химическим соединением A_xB_y , плавящимся конгруэнтно



В эвтектическом равновесии, представленном коннодой DE_2D' сосуществуют фазы

- 1) кристаллы А, кристаллы В и жидкость;
- 2) кристаллы А, кристаллы В и кристаллы A_xB_y ;
- 3) кристаллы А, кристаллы A_xB_y и жидкость;
- 4) кристаллы В, кристаллы A_xB_y и жидкость;
- 5) кристаллы А и кристаллы A_xB_y ;
- 6) кристаллы В и кристаллы A_xB_y ;
- 7) только кристаллы А;
- 8) только кристаллы В;

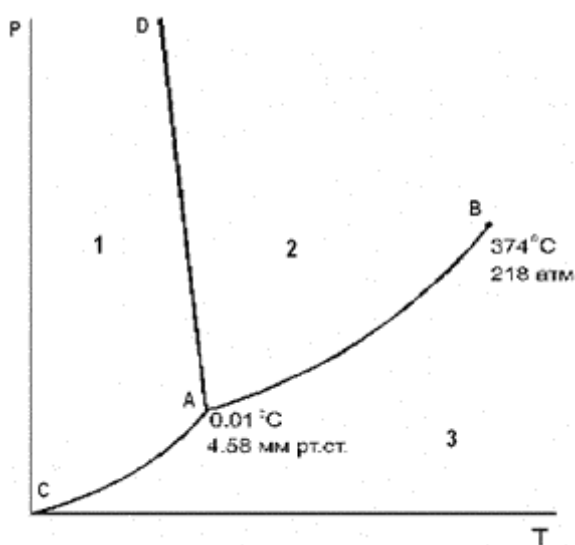
9) только кристаллы $AxBy$

№2

1. Находящаяся в состоянии равновесия система (нужное подчеркнуть):
 $NH_4HCO_3(к) = NH_3(г) + CO_2(г) + H_2O(ж)$

- 1) гомогенная
- 2) гетерогенная
- 3) однофазная
- 4) двухфазная
- 5) трехфазная
- 6) четырехфазная

2. Диаграмма состояния воды при невысоких давлениях



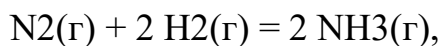
Укажите номер области существования жидкости на фазовой диаграмме воды:

3. Укажите, сколько компонентов содержит система, получившаяся в результате смешивания водных растворов:

- 1) KCl и $NaBr$

№3

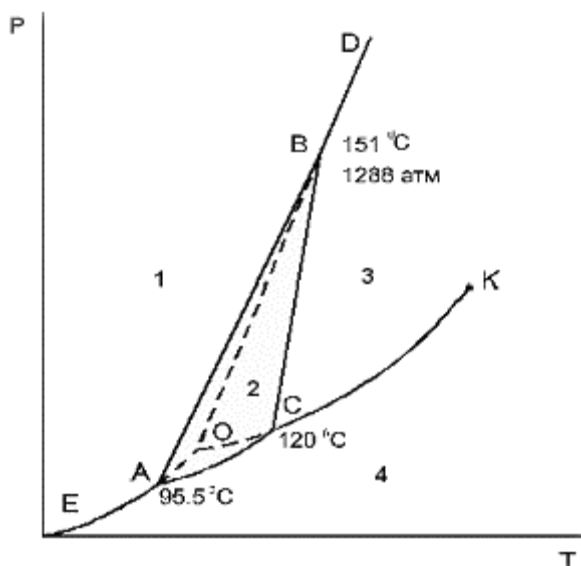
1. Число независимых компонентов в равновесной системе



полученной в результате смешения 2 моль азота и 5 моль аммиака

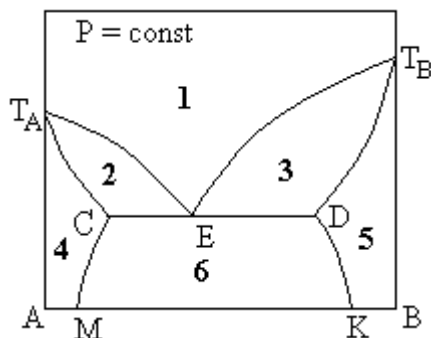
(Ответ укажите числом)

2. Диаграмма состояния серы



Число стабильных инвариантных равновесий на фазовой диаграмме серы
(Ответ укажите числом)

3. . Однофазные области (укажите номера областей):



Типовой вариант заданий на тему «Растворы»

№1

- Для предотвращения замерзания различных растворов в зимнее время к ним добавляют глицерин. Сколько граммов глицерина необходимо добавить 1 100 г воды, чтобы температура замерзания понизилась на 5 К? Криоскопическая постоянная воды 1,86 К·кг/моль.
- При 25°C давление паров воды равно 32,3 гПа. Чему равно давление паров воды над раствором, содержащим 6 грамм мочевины в 180 г воды.
- В какой массе раствора с массовой долей 16% содержится 80 г растворенного вещества.

№2

- Раствор, содержащий 0,6 г хлорида натрия в 100 г воды, замерзает при 272, 667 К. Определите изотонический коэффициент, если криоскопическая постоянная воды равна 1,86 К·кг/моль.
- Сколько граммов этиленгликоля надо добавить к 0,5 л воды, чтобы понизить температуру замерзания ее до - 3°C? Криоскопическая постоянная воды равна 1,86 К·кг/моль.
- Какова массовая доля азотной кислоты в 12.2 молярном растворе? Плотность раствора 1,35 г/см³.

№3

Плотность водного раствора, в котором массовая доля бромида натрия 25%, равна $1,223 \text{ г/м}^3$. Выразите состав раствора в молярных долях, через молярную и моляльную концентрации.

Определите молярную массу вещества, если температура замерзания раствора, содержащего 100 г бензола и 0,2 г исследуемого вещества на 0,17 К ниже температуры замерзания бензола. Криоскопическая константа бензола $5,16 \text{ К}\cdot\text{кг/моль}$.

Рассчитайте молярные доли воды и пропанола в 35% растворе спирта.

Типовой вариант заданий на тему «Электрохимия»

№1

1. Вычислите потенциал медного электрода в растворе, содержащем 1,6 г CuSO_4 в 200 мл раствора при 25°C . Кажущаяся степень диссоциации соли в растворе равна 40 %.

2. Рассчитать активности и коэффициенты активностей ионов в 0,08 М растворе $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.

3. Вычислить концентрацию уксусной кислоты, если степень ее диссоциации равна 1,35 %. $K_d = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

№2

1. Вычислить ионную силу и активность ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 0,01 моль/л CaCl_2 .

2. Рассчитайте удельную и эквивалентные электрические проводимости для 0,05 М раствора сульфита натрия, если удельное сопротивление равно $653 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}$.

3. При 18°C потенциал медного электрода, погруженного в 0,005 молярный раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, равен 0,266В. Кажущаяся степень диссоциации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ равна единице. Вычислите стандартный электродный потенциал меди.

№3

1. Чему равна активность ионов Ag^+ , Al^{3+} , и NO_3^- в растворе, содержащем 0,5 г AlCl_3 , 0,2 г AgNO_3 и 500 г H_2O .

2. Рассчитайте ионную силу раствора 0,5 М CuSO_4 .

3. Вычислите потенциал железного электрода в растворе, содержащем 5,2 г FeCl_2 в 550 мл раствора при 25°C . Кажущаяся степень диссоциации соли в растворе равна 55 %.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Вычислите изменение изобарного потенциала при изотермическом сжатии 10 г кислорода при 25°C , $p_1 = 0,5 \text{ атм}$, $p_2 = 1,5 \text{ атм}$.

Решение: Изменение изобарного потенциала в изотермическом процессе

находится по формуле $\Delta G = nRT \ln \frac{P_2}{P_1}$

Рассчитаем количество вещества $n = \frac{m}{M} = \frac{10}{32} = 0,3 \text{ моль}$

Подставляем полученные значения в формулу

$$\Delta G = 0,3 \cdot 8,31 \cdot 298 \cdot \ln \frac{152}{51} = 743 \cdot \ln 2,98 = 743 \cdot 1,09 = 809,87 \text{ кДж / моль}$$

Вычислите изменение энтропии при нагревании 5 л азота от 5 до 40⁰С если давление при этом уменьшается от 1,5 до 0,5 атм? $C_p(N_2) = 7$ кал/моль К. Считать азот идеальным газом.

Решение: Если одновременно меняются T и p, то изменение энтропии находится по формуле:

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} - nR \ln \frac{p_2}{p_1}.$$

Определим количество вещества N₂: $n = \frac{m}{M} = \frac{5}{22,4} = 0,22 \text{ моль}$

Необходимо перевести $C_p(N_2) = 7$ кал/моль К в Дж/моль К = 7 x 4,2 = 29,4 Дж/моль К.

Определим изменение энтропии:

$$\Delta S = 0,22 \cdot 29,4 \cdot \ln \frac{313}{278} - 0,22 \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{51}{152} = 2,82 \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}$$

Сформулируйте и запишите закон Гесса.

Решение: Тепловой эффект реакции определяется только видом и состоянием исходных веществ и продуктов реакции и не зависит от пути протекания процесса.

4. Находящаяся в состоянии равновесия система $PCl_5(ж) = PCl_3(г) + Cl_2(г)$

- 1) гомогенная
- 2) гетерогенная
- 3) однофазная
- 4) двухфазная
- 5) трехфазная
- 6) четырехфазная

Решение: Система является гетерогенной и двухфазной.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
. При растворении 5 г неизвестного вещества в 250 г воды получается неэлектролит, замерзающий при -1,45⁰С. Определить молярную массу неизвестного вещества.

Решение: Используем выражение из следствия из закона Рауля: $\Delta T = C_m \cdot k$ и формулу для моляльной концентрации $C_m = \frac{m}{M \cdot m_{p-ля}}$, имеем $\Delta T = \frac{m \cdot k}{M \cdot m_{p-ля}}$.

Используя последнюю формулу можно найти молярную массу неизвестного вещества: $M = \frac{m \cdot k}{\Delta T \cdot m_{p-ля}} = \frac{5 \cdot 1,86}{1,45 \cdot 0,25} = 25,65 \text{ г / моль}$

2. Раствор, содержащий 0,6 г хлорида натрия в 100 г воды, замерзает при 272,

667 К. Определите изотонический коэффициент, если криоскопическая постоянная воды равна 1,86 К·кг/моль.

Решение: Хлорид натрия – это сильный электролит, поэтому выражение из следствия из закона Рауля имеет следующий вид: $\Delta T_{зам} = i \cdot k \cdot C_m$, формула для моляльной концентрации $C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_{р-ля}}$, следовательно $\Delta T_{зам} = \frac{i \cdot k \cdot m \cdot 1000}{M \cdot m_{р-ля}}$.

Определим $\Delta T_{зам} = 373 - 272,667 = 0,333K$. Значение изотонического коэффициента: $i = \frac{\Delta T_{зам} \cdot M \cdot m_{р-ля}}{k \cdot m \cdot 1000} = \frac{0,333 \cdot 58,5 \cdot 100}{1,86 \cdot 0,6 \cdot 1000} = 1,75$

3. Раствор, содержащий 0,85 г ZnCl₂ в 125 г H₂O кристаллизуется при – 23⁰С. Определить кажущуюся степень диссоциации ZnCl₂ (k_{H2O} = 1,86).

Решение: Найдем моляльную концентрацию соли:

$$C_m = \frac{m}{M \cdot m_{р-ля}} = \frac{0,85}{136,3 \cdot 0,125} = 0,05 \text{ моль / кг}.$$

Определим понижение температуры кристаллизации без учета диссоциации электролита: $\Delta T_{расч} = C_m \cdot k = 1,86 \cdot 0,05 = 0,093^0C$.

Определим изотонический коэффициент:

$$i = \frac{\Delta T}{\Delta T_{расч}} = \frac{0,23}{0,093} = 2,47.$$

Найдем кажущуюся степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{2,47-1}{3-1} = 0,735$$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету (2 семестр)

1. Термодинамические параметры состояния. Функции состояния и функции процесса. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия.
2. Термодинамические процессы. Теплота и работа. Энтальпия.
3. Термохимия. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
4. Второе начало термодинамики. Энтропия. Принцип возрастания энтропии. Формула Больцмана.
5. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Химическое сродство.
6. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье-Брауна. Константа равновесия химической реакции. Уравнение изотермы химического процесса.
7. Равновесие в гетерогенных системах. Константа равновесия. Давление диссоциации.
8. Общая характеристика и термодинамика растворов. Давление пара над раствором. Закон Рауля. Понижение температуры замерзания и повышение

температуры кипения растворов.

9. Строение вещества с помощью квантовой механики.

10. Химическая связь. Гибридизация.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену (3 семестр)

1. Фазовые равновесия. Основные понятия. Правило фаз Гиббса. Термодинамика фазовых переходов. Классификация систем в соответствии с правилом фаз. Диаграммы состояния.

2. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Полиморфизм.

11. Кинетика гомогенных реакций. Теория столкновений.

12. Молекулярность, порядок реакций. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.

13. Сложные реакции. Цепные реакции.

14. Кинетика гетерогенных процессов. Топохимические реакции.

15. Гомогенный и гетерогенный катализ.

16. Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов.

17. Электрическая проводимость растворов электролитов. Законы Фарадея.

18. Возникновение электродного потенциала на границе металл-раствор. Строение двойного электрического слоя. Классификация обратимых электродов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Текущий контроль успеваемости осуществляется на лабораторных занятиях: в виде опроса теоретического материала и умения применять его к решению задач у доски, в виде проверки домашних заданий, в виде тестирования по отдельным темам.

Промежуточный контроль осуществляется проведением тестирования по нескольким разделам дисциплины, изученным студентом в период между аттестациями, проверкой заданий для самостоятельной работы.

Зачет (2 семестр) проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и 3 задачи. Вопросы оцениваются 3 баллами, в зависимости от полноты и правильности ответа, а задачи оцениваются в 5 баллов за верное решение. Максимальное количество набранных баллов – 21.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 14 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 19 до 21

баллов.)

Экзамен (3 семестр) проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса и 2 задачи. Вопросы оцениваются 3 баллами, в зависимости от полноты и правильности ответа, а задачи оцениваются в 5 баллов за верное решение. Максимальное количество набранных баллов – 19.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 12 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 13 до 17 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 18 до 19 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Строение вещества и реакционная способность веществ	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	Химическая термодинамика	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Химическая кинетика и катализ Химическое равновесие	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Растворы	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Электрохимия	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Фазовое равновесие	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется

проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Конюхов В. Ю. Хроматография в физической химии. Практикум: Учебное пособие для вузов / Конюхов В. Ю. – Издательство "Лань", 2022. – 252 с.
2. Конюхов В. Ю. [Сборник примеров и задач по физической химии. Химическая термодинамика, растворы, фазовые равновесия: Учебное пособие для вузов / Конюхов В. Ю., Гребенник А. В., Бондарева Г. М., Левчишин С. Ю.](#) – Издательство "Лань", 2023. – 172 с.
3. Акулова Ю.П. Физическая химия. Теория и задачи: учебник для вузов / [Акулова Ю.П., Изотова С. Г., Проскурина О. В., Черепкова И. А.](#) – Издательство "Лань", 2022. – 228 с.
4. Рабухин, А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений: учебник / А.И. Рябухин, В.Г. Савельев. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 304 с.
5. Свиридов В. В. Физическая химия: учеб. пособие / [Свиридов В. В., Свиридов А. В.](#) – Издательство "Лань", 2022. – 600 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

[Российская государственная библиотека](#)

[Российская национальная библиотека](#)

[Государственная публичная научно-техническая библиотека \(ГПНТБ России\)](#)

[Всероссийский институт научной и технической информации \(ВИНИТИ\)](#)

[Институт научной информации по общественным наукам \(ИНИОН\)](#)

[Всероссийская Государственная Библиотека иностранной литературы](#)

[\(ВГБИЛ\)](#)

[Библиотека по Естественным наукам Российской Академии наук \(БЕН\)](#)

[Педагогическая библиотека им.Ушинского](#)

[Государственная публичная Историческая библиотека России](#)

[Библиотека Государственного университета "Высшая школа экономики"](#)

[Научная библиотека Московского университета имени М.В.Ломоносова](#)

[Библиотека изобразительных искусств](#)

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебно-лабораторное оборудование

1. Учебно-лабораторный комплекс «Химия» - ауд. 6421
2. Ионномер Н-160 - ауд. 6421
3. Лабораторный рН-метр ЛПУ-01 - ауд. 6421
4. Шкаф с вытяжной вентиляцией - ауд. 6421
5. Лабораторная химическая посуда - ауд. 6421
6. Аквадистиллято - ауд. 6422

Технические средства обучения

1. Ноутбук - отдел организации и обеспечения учебного процесса
2. Медиапроектор программ - отдел организации и обеспечения учебного процесса.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физическая химия» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета профессиональных задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.

Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------------------------------------------------------