

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт физико-технологический
Кафедра редких металлов и наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

М.И. Мещу

С.Т. Князев

«01» августа 2018 г.



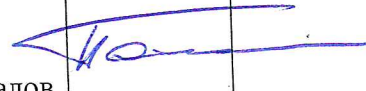
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Рекомендована учебно-методическим советом физико-технологического института
для направлений подготовки и специальностей:


Код ООП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
18.05.02/02.01	Химическая технология материалов современной энергетики	Химическая технология материалов современной энергетики	5073	Б1.16

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Половов Илья Борисович	к.х.н., доцент	доцент	редких металлов и наноматериалов	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):


№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	редких металлов и наноматериалов [читающая и выпускающая кафедра]	25.05.18	№4	Рычков В.Н.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса


Р.Х Токарева

Председатель учебно-методического совета физико-технологического института
«15» 06 2018, протокол № 10


В.В. Зверев



1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
18.05.02	Химическая технология материалов современной энергетики	17.10.2016	1291

1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

Способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1).

Способностью работать с научно-технической и патентной литературой и использовать полученную информацию при осуществлении своей профессиональной деятельности (ОПК-4).

Способности к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2).

Способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10).

Способностью представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способность формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12)

1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать

- основные понятия и определения химической термодинамики: термодинамические системы и их виды, термодинамические параметры, термодинамические функции, формы обмена энергии, координаты состояния и потенциалы взаимодействия;
- начала термодинамики и их приложения применительно к различным физико-химическим процессам;
- основные уравнения химической термодинамики;
- законы химического равновесия;
- термодинамические свойства идеальных и неидеальных растворов;
- методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;
- термодинамику растворов электролитов и электрохимических систем;
- особенности неравновесных явлений в электролитах;
- уравнения формальной кинетики и особенности кинетики сложных, цепных, гетерогенных и фотохимических реакций;

- основные теории гомогенного и гетерогенного катализа;
- особенности электрохимической кинетики;
- вопросы пассивности и коррозия металлов (сплавов);
- классификацию и свойства дисперсных систем, молекулярно-кинетические и оптические свойства коллоидных растворов;
- основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений.

Уметь

- выполнять основные расчеты по химическим и термохимическим уравнениям;
- определять термодинамические характеристики химических реакций и рассчитывать равновесные концентрации веществ;
- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;
- прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;
- переходить от одной формы представления концентрации бинарных растворов к другой;
- рассчитывать парциальные молярные термодинамические функции;
- вычислять коллигативные свойства растворов неэлектролитов и электролитов;
- определять активности растворенных веществ и растворителя;
- используя диаграммы состояния, определять составы в одно-, двух- и трехкомпонентных системах, а также вычислять их соотношения;
- экспериментально и теоретически вычислять подвижности ионов, числа переноса и электрическую проводимость различных электролитов;
- рассчитывать электродные потенциалы различных типов электродов и ЭДС электрохимических цепей при различных температурах;
- вычислять порядок химических реакций;
- составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса;
- проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем;
- прогнозировать влияние дисперсности на реакционную способность, константу равновесия и температуру фазового перехода;
- обобщать и обрабатывать экспериментальную информацию в виде лабораторных отчетов;
- самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах и выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;
- пользоваться справочной литературой;
- анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований.

Владеть

- навыками вычисления теплоемкости, энтальпии, энтропии и энергии Гиббса химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема;
- методами расчета констант равновесия химических реакций при заданной температуре;
- способами определения давления насыщенного пара над индивидуальным веществом и состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах "жидкость- пар";
- методиками построения диаграмм состояния многокомпонентных систем;
- способами оценки коэффициентов активности в растворах неэлектролитов и электролитов;
- вариантами расчета констант диссоциации слабых электролитов;
- методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента;

- способами измерения поверхностного натяжения, краевого угла, величины адсорбции и удельной поверхности, вязкости, критической концентрации мицеллообразования, электрокинетического потенциала;
- методами проведения дисперсионного анализа, синтеза дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости;
- вариантами получения и очистки коллоидных систем;
- основами использования поверхностно-активных веществ в химической технологии;
- правилами безопасной работы с физико-химическими приборами и оборудованием;
- методами выполнения необходимых физико-химических расчетов в физической и коллоидной химии, экспериментов с применением соответствующих методик, средств измерений и лабораторного оборудования.

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Физика Общая и неорганическая химия Органическая химия Аналитическая химия Высшая математика Информатика Инженерная графика Материаловедение Экология
2. Кореквизиты	Общая химическая технология Процессы и аппараты химической технологии Основы ядерной физики, радиохимии и дозиметрии Физико-химические методы анализа
3. Постреквизиты	Физико-химические основы технологии редких элементов Технология радиоактивных элементов и ядерного топлива Технология конструкционных материалов современной энергетики Переработка облученного ядерного топлива Химическая технология материалов современной энергетики

1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Номер учебного семестра	
	Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)	5	6
Аудиторные занятия, час.	221	221	102	119
Лекции, час.	119	119	51	68
Практические занятия, час.	34	34	17	17
Лабораторные работы, час.	68	68	34	34
Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.	139	33,15	60	79
Промежуточная аттестация	36	4,66	Экзамен, 18	Экзамен, 18
Общая трудоемкость по учебному плану, час.	396	258,81	180	216

1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Дисциплина «Физическая и коллоидная химия» посвящена ознакомлению студентов с законами и методами физической и коллоидной химии, её математическим аппаратом. Задачей дисциплины является раскрытие содержания основных понятий и законов физической химии и привитие практических навыков расчета и экспериментального изучения термохимических характеристик, химических равновесий, свойств растворов, фазовых равновесий в многокомпонентных системах, анализа и построения простейших диаграмм состояния, определения формально-кинетических характеристик химических реакций и фазовых превращений.

Курс физической и коллоидной химии является теоретической базой всех физико-химических дисциплин. В этом курсе рассматриваются общие закономерности химических процессов и химической энергии. Изучение физической химии сопряжено со значительными трудностями, связанными с теоретическим характером предмета, с необходимостью знаний основ физики, общей химии и математики. Изучение дисциплины способствует развитию познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности в приобретении новых знаний.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема* дисциплины	Содержание
P1	Введение	Общие положения. Основные понятия физической химии
P2	Химическая термодинамика	Общие положения. Связь форм обмена энергии с координатами состояния и потенциалами взаимодействия. Принцип существования единой формы выражения количеств воздействия через характеристики состояния системы. Первый закон (начало) термодинамики, его применение для изобарных, изохорных и изотермических процессов. Понятие энтальпии. Теплоемкость, связь между средней и истинной теплоемкостью. Связь между C_p и C_v , формула Майера. Расчет теплоемкости газов, жидкостей и твердых тел. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него. Стандартный тепловой эффект. Стандартное состояние. Теплота образования и тепловой эффект химической реакции. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Второй закон (начало) термодинамики. Энтропия. Особенности неравновесных процессов. Основное неравенство термодинамики. Статистический смысл энтропии. Расчет энтропии. Третий закон (начало) термодинамики. Характеристические функции: внутренняя энергия, энтропия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Химический потенциал. Парциальные молярные свойства,

		<p>уравнение Гиббса-Дюгема. Связь между энтальпией, энтропией и энергией Гиббса, и ее зависимость от температуры. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Интегрирование уравнений Гиббса-Гельмгольца. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Уравнение изотермы. Уравнение изобары. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Химическое равновесие в реальных системах: газы и растворы.</p>
Р3	Учение о растворах	<p>Общие сведения о растворах. Способы выражения концентрации растворов, связь между молярностью, мольной и массовой долей. Парциальные молярные свойства растворов, способы определения парциальных молярных величин. Термодинамические свойства идеальных растворов. Закон Рауля. Температура кипения идеального раствора. Температура замерзания идеального раствора. Мембранное равновесие. Осмос и осмотическое давление идеального раствора. Неидеальные растворы, отклонения от идеальности, активность и коэффициент активности. Предельно разбавленные растворы, закон Генри. Функции смешения реальных растворов. Стандартное состояние: симметричная и несимметричная система отсчет химического потенциала. Методы определения активностей растворителя и растворенного вещества.</p>
Р4	Электрохимия	<p>Специфика растворов электролитов. Электролитическая диссоциация в растворе. Изотонический коэффициент, коллигативные свойства растворов электролитов. Константа диссоциации и способы ее определения. Коэффициент активности. Теория Дебая-Хюккеля. Ионная сила. Теория ассоциации растворов. Термодинамические свойства ионов в растворе. Термодинамика ионной сольватации. Модель Борна. Неравновесные явления в электролитах, основные понятия. Законы Фарадея. Молярная электрическая проводимость сильных и слабых электролитов. Удельная электрическая проводимость сильных и слабых электролитов. Зависимости α и λ от концентрации и температуры. Эффекты электрофоретического и релаксационного торможения. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Коэффициент электропроводности. Числа переноса. Равновесные электродные процессы, основные понятия. Механизм возникновения электродного потенциала. Равновесный потенциал. Явление специфической адсорбции. Контактная разность потенциалов. Диффузионный потенциал. Термодинамика электрохимических элементов. Определение</p>

		электродных потенциалов, уравнение Нернста. Типы электродов. Типы электрохимических цепей.
P5	Фазовые равновесия	Основные понятия. Условия фазового равновесия, правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Двухкомпонентные системы. Равновесие «жидкость-пар», диаграммы кипения, азеотропные смеси. Правила Гиббса-Коновалова. Равновесие «жидкость-кристаллы». Диаграммы плавкости систем с взаимной нерастворимостью в твердом состоянии. Диаграммы плавкости систем с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Диаграммы плавкости систем с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии, правила Гиббса – Розебума. Диаграммы плавкости систем с твердыми растворами на основе химических соединений, дальтонида и бертоллиды. Диаграммы плавкости систем с полиморфными превращениями. Построение диаграмм плавкости, термический анализ. Трехкомпонентные системы. Графическое изображение 3-хкомпонентной системы. Определение состава фаз методом Гиббса и методом Розебума. Диаграммы равновесия «жидкость-жидкость» в двух- и трехкомпонентных системах. Распределение растворяемого вещества между двумя жидкими фазами, экстракция.
P6	Химическая кинетика и катализ	Задачи химической кинетики. Скорость химической реакции. Средняя скорость реакции. Основной постулат химической кинетики. Понятие о лимитирующей реакции. Молекулярность и порядок реакции. Кинетически обратимые и необратимые реакции. Односторонние реакции первого, второго и n-ного порядка. Методы определения порядка реакции. Влияние температуры на скорость реакции, правила Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса. Особенности кинетики гетерогенных химических реакций. Элементарная теория активных столкновений, энергия активации. Теория активированного комплекса. Особенности кинетики реакций в растворах, первичный и вторичный солевой эффект. Каталитические реакции. Гомогенный катализ и его механизм в растворах. Гетерогенный катализ. Особенности гетерогенно-каталитических процессов. Теории гетерогенного катализа. Основные понятия о цепных реакциях. Фотохимические реакции и основные законы фотохимии. Основы электрохимической кинетики. Поляризация электродов и ее типы.

		Перенапряжение. Электрохимическое выделение металлов. Электрохимическое растворение и пассивность металлов. Коррозия металлов и сплавов. Методы защиты от коррозии: легирование, электрохимическая защита: защитные покрытия, протекторная защита, катодная защита, защита от блуждающих токов. Изменение свойств коррозионной среды. Ингибиторы коррозии.
P7	Поверхностные явления и дисперсные системы	Понятие о дисперсных и коллоидных системах. Классификации дисперсных систем. Методы получения дисперсных систем: диспергационные и конденсационные, метод пептизации. Методы очистки дисперсных систем. Поверхностное натяжение. Влияние различных факторов на величину поверхностного натяжения. Межмолекулярные и межфазные взаимодействия. Смачивание. Адсорбция, основные понятия и определения. Количественные способы выражения адсорбции. Теории адсорбции. Адсорбция на пористых адсорбентах. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса. Свойства ПАВ и ПИВ. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность. Особенности адсорбции из растворов. Электрические свойства дисперсных систем, устойчивость и коагуляция. Электрокинетические явления: Современные представления о строении ДЭС. Строение коллоидных мицелл. Явление перезарядки коллоидных частиц. Измерение электрокинетического потенциала из явлений электрофореза и электроосмоса. Виды устойчивости. Кинетика коагуляции. Правила электролитной коагуляции. Современные представления о факторах стабилизации коллоидных систем. Защита коллоидных систем. Примеры коагуляции.

3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения

Таблица 3.1.

Семестр обучения: 5		Объем дисциплины (зачед.): 5																		
Раздел дисциплины		Аудиторная нагрузка (час.)				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)				Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)	Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)		Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)			
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)				Всего (час.)				Всего (час.)				Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*							Перевод инояз. литературы*
P1	Введение	6	3	2	1	3	2	1												
P2	Химическая термодинамика	63	40	20	10	23	15	9	3	3	1									
P3	Учение о растворах	49	32	12	4	16	13	5	2	6										
P4	Электрохимия	44	27	17	2	8	13	6	2	5										
Всего (час), без учета подготовки к аттестационным мероприятиям:		162	102	51	17	34	60	44	22	8	14	0	12	4	0	0	0	0	0	0
Всего по семестру (час.):		180	102																	

* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»

Таблица 3.2.

Семестр обучения: 6		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий													Объем дисциплины (зач.ед.): 6											
Код раздела, темы	Раздел дисциплины	Аудиторная нагрузка (час.)				Всего самостоятельной работы				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)								Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)		Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)		
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
P5	Наименование раздела, темы	68	42	20	10	12	26	22	8	8	6	4	1						4	1						
P6	Фазовые равновесия	69	43	22	7	14	26	22	10	5	7															
P7	Химическая кинетика и катализ	61	34	26		8	27	15	12		4	12														
	Поверхностные явления и коллоидные системы																									
	Всего (час), без учета подготовки к аттестационным мероприятиям:	198	119	68	17	34	79	59	30	12	17	0	16	4	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	18	
	Всего по семестру (час.):	216	119											97								0	0	0	18	
	Всего по дисциплине (час.):	396																								

* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторный практикум

№	Раздел дисциплины	Наименование работы	Объем учебного времени, час.
1	P2	Теплоемкость газов	3
2	P2	Закон Бойля-Мариотта	3
3	P2	Определение энтальпии смешения	4
4	P3	Давление паров над смесями жидкостей	5
5	P3	Парциальные молярные объемы	5
6	P3	Понижение температуры замерзания растворов электролитов и неэлектролитов	6
7	P4	Закон Фарадея	1
8	P4	Определение ЭДС гальванического элемента Даниэля-Якоби	1
9	P4	Электропроводность сильных и слабых электролитов	2
10	P4	Определение чисел переноса	2
11	P4	Перенапряжение при выделении водорода	2
12	P5	Диаграмма растворения двух несмешивающихся жидкостей	6
13	P5	Диаграмма кипения бинарной смеси	6
14	P6	Скорость реакции галогенного обмена	7
15	P6	Зависимость скорости химической реакции от температуры	7
16	P7	Температурная зависимость поверхностного натяжения жидкостей	8
Всего:			68

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	P1	Основы физической химии.	1
2	P2	Термохимия. Закон Гесса.	5
3	P2	Расчеты в химической термодинамике.	5
4	P3	Формы представления концентрации	2
5	P3	Парциальные молярные свойства	2
6	P4	Диаграммы кипения	2
7	P5	Диаграммы плавкости двойных систем	5
8	P5	Диаграммы состояния тройных систем	5
9	P6	Формальная кинетика	7
Всего:			34

4.3. Самостоятельная работа студентов

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Домашняя работа по решению задач по разделу «Химическая термодинамика» (4 задания).
2. Домашняя работа по решению задач по разделу «Учение о растворах» (3 задания).
3. Домашняя работа по решению задач по разделу «Фазовые диаграммы» (3 задания).
4. Домашняя работа по решению задач по разделу «Химическая кинетика» (3 задания).

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

1. Хроматография
2. Растворы высокомолекулярных соединений (молекулярные коллоиды)
3. Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ (ассоциативные коллоиды)
4. Мембранные методы разделения смесей
5. Окраска и оптическая анизотропия дисперсных систем
6. Седиментация и седиментационный анализ дисперсности
7. Устойчивость, стабилизация и коагуляция лиофобных дисперсных систем
8. Механизм и кинетика уменьшения дисперсности систем. Коагуляция
9. Электрокинетические явления
10. Электроповерхностные явления
11. Реология
12. Диализ, электродиализ, ультрафильтрация
13. Стабилизация и коагуляция дисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз
14. Поверхностно активные вещества и основы их применения

4.3.4. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

1. Расчетная работа по проведению термодинамических расчетов «Расчеты в химической термодинамике» (4 задания).

4.3.5. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

4.3.6. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)

Не предусмотрено

4.3.7. Примерный перечень тем контрольных работ

Контрольная работа № 1

1. **Задача на тему «Равновесные электродные процессы».** Пример: Вычислить при 10 °С ЭДС медно-цинкового элемента, в котором концентрация ионов Cu^{2+} равна 0.001 М, а Zn^{2+} - 0.1 М. Диффузионным потенциалом пренебречь. Коэффициенты активности принять равными единице.

2. **Задача на тему «Неравновесные явления в электролитах».** Пример: Удельная электропроводность 5%-го раствора $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ при 18 °С равна 4.38 См/м, а его плотность - 1.038 г/см³. Рассчитать эквивалентную молярную электропроводность раствора и кажущуюся степень диссоциации соли в растворе. Предельные подвижности ионов Mg^{2+} и NO_3^- при 18 °С равны соответственно 44.6 и 62.6 См·см²/моль·эquiv..

Контрольная работа № 2

1. **Задача на тему «Диаграммы кипения».** Пример: Проанализируйте фазовое состояние системы $\text{CS}_2 - \text{CH}_3\text{COCH}_3$ на основании диаграммы кипения и процесса нагревания (охлаждения) системы с молярной долей CH_3COCH_3 80 %.

4.3.8. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины в рамках учебного плана – _____
(к дисц.)

В том числе, коэффициент значимости курсового проекта – _____ (к курс.)

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

5 семестр

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0,7		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	сем. 5, нед. 1-17	12
<i>Выполнение контрольной работы на занятии «Электрохимия»</i>	сем. 5, нед. 17	28
<i>Выполнение домашней работы «Химическая термодинамика»</i>	сем. 5, нед. 9–17	30
<i>Выполнение домашней работы «Растворы»</i>	сем. 5, нед. 9–17	30
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.= 0,4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек. = 0,6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. = 0.1		
Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение практических занятий</i>	сем. 5, нед. 1-8	16
<i>Выполнение расчетной работы «Расчеты в химической термодинамике»</i>	сем. 5, нед. 8	84
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.= 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим занятиям– к пром.прак. нет		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. = 0.2		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ, сдача отчетов</i>	сем. 5, нед. 9–17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям– к тек.лаб. = 1.0		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– к пром.лаб. = нет		

6 семестр

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0,6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение лекций</i>	сем. 6, нед. 1-16	16
<i>Выполнение контрольной работы на занятии «Диаграммы кипения»</i>	сем. 6, нед. 2	20
<i>Выполнение домашней работы «Диаграммы плавкости»</i>	сем. 6, нед. 6-10	48
<i>Подготовка реферата по разделу «Поверхностные явления и коллоидные системы»</i>	сем. 6, нед. 11-15	16
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.= 0,4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек. = 0,6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. = 0.2		
Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение практических занятий</i>	сем. 6, нед. 1-8	16
<i>Выполнение домашней работы «Химическая кинетика»</i>	сем. 6, нед. 9-16	84

Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.= 1.0		
Промежуточная аттестация по практическим занятиям – <i>нет</i>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим занятиям– к пром.прак. <i>нет</i>		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. = 0.2		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ, сдача отчетов</i>	сем. -б, нед. 9-16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям– к тек.лаб. = 1.0		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <i>нет</i>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– к пром.лаб. = <i>нет</i>		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Не предусмотрено.

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта (перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время выполнения курсовой работы)	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Поиск и анализ источников</i>		
<i>Проведение эксперимента</i>		
<i>Проектирование</i>		
<i>Формирование содержания курсовой работы</i>		
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – к тек.курс.		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – к пром.курс.		

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п
<i>Семестр -5</i>	<i>0,5</i>
<i>Семестр 6</i>	<i>0,5</i>

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Физическая химия : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / [К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев и др.] ; под ред. К. С. Краснова .— 3-е изд., испр. — Москва : Высшая школа, 2001 .— 512 с. 150 экз
2. Физическая химия : учеб. для студентов вузов : в 2 кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / [К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев и др.] ; под ред. К. С. Краснова .— 3-е изд., испр. — Москва : Высшая школа, 2001 .— 319 с. 150 экз

7.1.2. Дополнительная литература

1. Жуховицкий А.А. Физическая химия : учеб. для металлург. специальностей вузов / А. А. Жуховицкий, Л. А. Шварцман. - М.: Металлургия, 2001 .- 686 с. 69 экз
2. Ю.Г. Фролов. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - М.: Химия, 2004. - 464 с. 59 экз
3. Н.В. Карякин Основы химической термодинамики: Учеб.пособие для вузов. - М.: Издательский центр "Академия", 2003. - 464 с. 15 экз

4. С.И. Исаев. Термодинамика. - М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. - 416 с. 16 экз
5. Н. М. Эмануэль, Д. Г. Кнорре. Курс химической кинетики: Учебник для хим. фак. ун-тов. - М.: Высш. школа, 1984. - 463 с. 11 экз
6. С.С. Воюцкий. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1975 - 382 с. 24 экз
7. Баранова В.И. Расчеты и задачи по коллоидной химии. М.: Химия, 1989 - 240 с. 50 экз

7.1.3. Методические разработки

1. Физическая и коллоидная химия: Сб. задач для студентов дневной формы обучения электротехн. и теплоэнергет. фак. / Урал. гос. техн. ун-т - УПИ; Сост. Л.А. Брусницына, Е.И. Степановских; Науч. ред. В.И. Двойнин. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. – 27 с.
2. Применение метода ЭДС методические указания для самостоятельной работы по физической химии / сост. Е.И.Степановских. □ Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 14 с. (http://study.urfu.ru/view/Aid_file_browser.aspx?AidId=6756&version=1)
3. В.В. Еремин, С.И. Каргов, Н.Е. Кузьменко. Задачи по физической химии. Часть 1. Химическая термодинамика. Методическая разработка для студентов химических и биологических факультетов университетов. Под общей редакцией академика РАН, проф. В. В.Лунина. Москва, 2000 (<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/eremin1/welcome.html>).
4. В.В. Еремин, С.И. Каргов, Н.Е. Кузьменко. Задачи по физической химии. Часть 2. Химическая кинетика. Электрохимия. Методическая разработка для студентов химических и биологических факультетов университетов. Под общей редакцией академика РАН, проф. В. В. Лунина. Москва, 1999. (<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/eremin1/welcome.html>).

7.2. Программное обеспечение

Microsoft office (Word, Excel, Power point).

7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы

- <http://en.wikibooks.org> - Химическая литература
- <http://books.google.com> – Google books
- <http://stavrop.fcior.edu.ru/card/1339/laboratornaya-rabota-konstruirovanie-mehanizmov-himicheskikh-reakciy-po-teme-kislородosoderzhashie-or.html> - Федеральный центр образовательных ресурсов
- <http://nehudlit.ru/books> Справочники и энциклопедии
- <http://scopus.com> – Scopus
- <http://scifinder.cas.org> – SciFinder
- Диаграммы состояния двойных металлических систем. / под общей ред. Н.П. Лякишева – М.:Машиностроение, 1996-2000. В 3-х томах.
- Диаграммы плавкости солевых систем: Справочник. / под ред. В.И. Посыпайко, В.А. Алексеевой – М.:Металлургия, 1977. В 2-х частях.
- D.R. Lide (ed.). Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics. 88th Edition. – CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, 2007-2008. – 2644 p.

7.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека УрФУ
URL:<http://lib.urfu.ru>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам
URL:<http://window.edu.ru/window/library>.
3. Публичная библиотека.
URL: <http://publ.lib.ru/publib.html>.
4. Публичная Электронная Библиотека

URL: <http://lib.walla.ru/>.

5. Техническая библиотека

URL: <http://techlibrary.ru/>.

6. ТехЛит.ру

URL: <http://www.tehlit.ru/>.

7. Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ)

URL: <http://elibrary.rsl.ru/>.

8. Электронная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

URL: <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib/>.

9. Электронная библиотека Book Archive. Ru

URL: <http://www.bookarchive.ru/category/mashinostroenie/>.

10. <http://www2.viniti.ru/>

11. <http://www.scienceresearch.com>

12. <http://elibrary.ru>

13. <http://www.sciencedirect.com>

7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля (4-5 см) для дополнительных записей. Необходимо записывать тему лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами. Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий. В конспект следует заносить всё, что преподаватель пишет на доске, также рекомендуемые схемы, таблицы, диаграммы и т.д. Текущая работа над изучением информации представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку конспектов лекций путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания лекции. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература. С целью улучшения усвоения материала требуется просмотреть конспект сразу после занятий, отметить материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу.

Подготовка к практическому занятию по дисциплине включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы; групповые и индивидуальные консультации. Студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Работу с литературой рекомендуется делать в следующей последовательности: беглый просмотр (для выбора глав, статей, которые необходимы по изучаемой теме); беглый просмотр содержания и выбор конкретных страниц, отрезков текста с пометкой их расположения по перечню литературы, номеру страницы и номеру абзаца; конспектирование прочитанного. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Рекомендуется регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и

промежуточной аттестации по дисциплине в рамках БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в

баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

8.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Связь форм обмена энергии с координатами состояния и потенциалами взаимодействия. Принцип существования единой формы выражения количеств воздействия через характеристики состояния системы.
2. Первый закон (начало) термодинамики, его применение для изобарных, изохорных и изотермических процессов. Понятие энтальпии.
3. Теплоемкость, связь между средней и истинной теплоемкостью. Связь между C_p и C_v , формула Майера. Расчет теплоемкости газов, жидкостей и твердых тел.
4. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него. Стандартный тепловой эффект. Стандартное состояние. Теплота образования и тепловой эффект химической реакции. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры.
5. Второй закон (начало) термодинамики. Энтропия. Особенности неравновесных процессов. Статистический смысл энтропии. Расчет энтропии.
6. Основные уравнение и неравенство термодинамики. Характеристические функции: внутренняя энергия, энтропия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Связь между энтальпией, энтропией и энергией Гиббса. Зависимость энергии Гиббса от температуры.
7. Парциальные молярные свойства, методы их определения. Уравнение Гиббса-Дюгема. Химический потенциал.
8. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Интегрирование уравнений Гиббса-Гельмгольца.
9. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Химическое равновесие в гетерогенных системах.
10. Уравнение изотермы. Уравнение изобары. Влияние различных факторов на равновесие химической реакции.
11. Термодинамические свойства идеальных растворов. Закон Рауля. Температура кипения идеального раствора. Температура замерзания идеального раствора.
12. Мембранное равновесие. Осмос и осмотическое давление идеального раствора.
13. Неидеальные растворы, отклонения от идеальности, активность и коэффициент активности. Предельно разбавленные растворы, закон Генри. Методы определения активностей растворителя и растворенного вещества.
14. Функции смешения реальных растворов.
15. Специфика растворов электролитов. Электролитическая диссоциация в растворе. Изотонический коэффициент, коллигативные свойства растворов электролитов. Константа диссоциации и способы ее определения.
16. Теория Дебая-Хюккеля. Ионная сила.
17. Термодинамика ионной сольватации. Модель Борна.
18. Молярная электрическая проводимость сильных и слабых электролитов. Удельная электрическая проводимость сильных и слабых электролитов. Зависимости Λ_m^∞ и Λ_m от

- концентрации и температуры.
19. Неравновесные явления в электролитах, основные понятия. Законы Фарадея.
 20. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Коэффициент электропроводности. Числа переноса.
 21. Механизм возникновения электродного потенциала. Равновесный потенциал. Контактная разность потенциалов. Диффузионный потенциал.
 22. Термодинамика электрохимических элементов. Определение электродных потенциалов, уравнение Нернста.
 23. Однокомпонентные системы, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем.
 24. Трехкомпонентные системы. Графическое изображение 3-компонентной системы. Определение состава фаз методом Гиббса и методом Розебума.
 25. Диаграммы равновесия "жидкость-жидкость" в двух- и трехкомпонентных системах. Распределение растворяемого вещества между двумя жидкими фазами, экстракция.
 26. Задачи химической кинетики. Скорость химической реакции. Средняя скорость реакции. Основной постулат химической кинетики. Понятие о лимитирующей реакции. Молекулярность и порядок реакции.
 27. Односторонние реакции первого, второго и n-ного порядка. Методы определения порядка реакции.
 28. Влияние температуры на скорость реакции, правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса.
 29. Особенности кинетики гетерогенных химических реакций.
 30. Элементарная теория активных столкновений, энергия активации. Теория активированного комплекса.
 31. Особенности кинетики реакций в растворах, первичный и вторичный солевой эффект.
 32. Каталитические реакции. Гомогенный катализ и его механизм в растворах. Гетерогенный катализ. Особенности гетерогенно-каталитических процессов. Теории гетерогенного катализа.
 33. Основные понятия о цепных реакциях.
 34. Фотохимические реакции и основные законы фотохимии.
 35. Основы электрохимической кинетики. Поляризация электродов и ее типы. Перенапряжение.
 36. Электрохимическое выделение металлов. Электрохимическое растворение и пассивность металлов.
 37. Коррозия металлов и сплавов. Методы защиты от коррозии: легирование, электрохимическая защита: защитные покрытия, протекторная защита, катодная защита, защита от блуждающих токов. Изменение свойств коррозионной среды. Ингибиторы коррозии.
 38. Понятие о дисперсных и коллоидных системах. Классификации дисперсных систем. Методы получения дисперсных систем: диспергационные и конденсационные, метод пептизации. Методы очистки дисперсных систем.
 39. Поверхностное натяжение. Влияние различных факторов на величину поверхностного натяжения.
 40. Межмолекулярные и межфазные взаимодействия. Смачивание.
 41. Адсорбция, основные понятия и определения. Количественные способы выражения адсорбции.
 42. Теории адсорбции. Адсорбция на пористых адсорбентах. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса.
 43. Поверхностная активность. Свойства ПАВ и ПИВ.
 44. Уравнение Шишковского.
 45. Особенности адсорбции из растворов.
 46. Электрические свойства дисперсных систем, устойчивость и коагуляция. Электрокинетические явления: Современные представления о строении ДЭС.

47. Строение коллоидных мицелл. Явление перезарядки коллоидных частиц.
48. Измерение электрокинетического потенциала из явлений электрофореза и электроосмоса.
49. Кинетика коагуляции. Правила электролитной коагуляции. Примеры коагуляции.
50. Современные представления о факторах стабилизации коллоидных систем. Защита коллоидных систем.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

«не используются»

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются

8.3.9. Примерные задания для домашней работы

1. Домашняя работа по решению задач по разделу «Химическая термодинамика».

1. В герметичном сосуде вместимостью 10 л, заполненным кислородом при температуре 25 °С до давления 1.09 атм, сожгли стружку металла массой 4.86 г. Образовавшееся соединение (оксид) находится в твердом виде и его объемом можно пренебречь. Рассчитайте массу оксида металла, если известно, что после реакции температура и давление газа в сосуде составляют 47 °С и 923 мбар соответственно.

Решение:

Переводим давление, объем и температуру в СИ:

$$p_1 = 1.09 \text{ атм} = 1.09 \text{ атм} \cdot 101325 \text{ Па/атм} = 110\,444 \text{ Па}$$

$$p_2 = 923 \text{ мбар} = 0.923 \text{ бар} \cdot 10^5 \text{ Па/бар} = 92\,300 \text{ Па}$$

$$V_1 = V_2 = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 25 \text{ °С} = 298 \text{ К}; T_2 = 47 \text{ °С} = 320 \text{ К}$$

Уравнение состояния идеального газа: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$\text{Откуда: } n(O_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

Находим количество исходного и конечного кислорода:

$$n_1(O_2) = \frac{110444 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 298 \text{ К}} = 0.446 \text{ моль}$$

$$n_2(O_2) = \frac{92300 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 320 \text{ К}} = 0.347 \text{ моль}$$

Определяем количество прореагировавшего кислорода:

$$n(O_2)_{\text{прореаг}} = n_1(O_2) - n_2(O_2) = 0.446 - 0.347 \approx 0.1 \text{ моль}$$

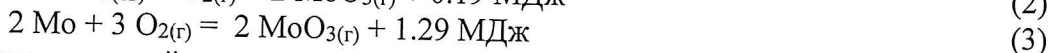
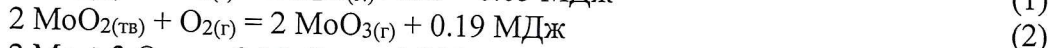
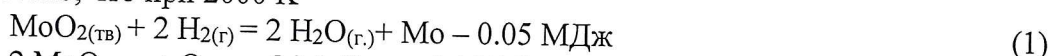
Масса прореагировавшего кислорода тогда равна:

$$m(O_2)_{\text{прореаг}} = n(O_2)_{\text{прореаг}} \cdot M(O_2) = 0.1 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 3.2 \text{ г}$$

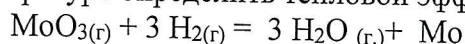
Так как прореагировавший кислород перешел в оксид:

$$m_{\text{оксид}} = m_{\text{Me}} + m(O_2)_{\text{прореаг}} = 4.86 + 3.2 = 8.06 \text{ г}$$

2. Известно, что при 2000 К



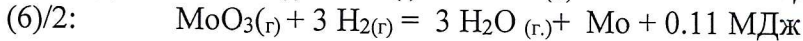
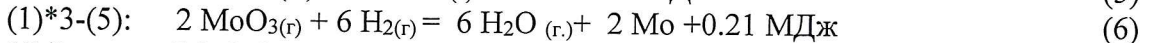
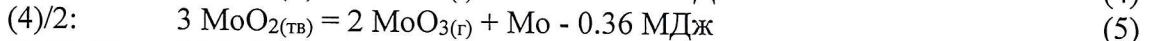
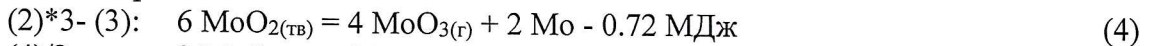
Требуется при этой же температуре определить тепловой эффект реакции:



Решение:

Согласно закону Гесса термохимические уравнения можно складывать алгебраически.

Таким образом:



3. Определите среднюю теплоемкость металлического гафния в интервале температур от 30 до 2000 °С.

Решение:

Выписываем термодинамические свойства гафния

Темп. интервал, ΔT (К)	$C_p = a + b \cdot 10^{-3} \cdot T + c \cdot 10^5 \cdot T^{-2} + d \cdot 10^{-6} \cdot T^2$, Дж/(моль·К)				T _{tr} , К	ΔH _{tr} ^{T_{tr}} , кДж/моль
	a	b	c	d		
298-2016	22.709	8.291	0.451	0.003	-	-
2016-2506	70.959	-34.822	-235.137	9.314	2016	5.86

Переводим температуру в К: T₁=303 К, T₂=2273 К.

Рассчитываем количество, теплоты необходимой на нагрев 1 моль гафния:

$$Q_{\text{Hf}} = \int_{T_1}^{T_{tr}} C_p^1 \cdot dT + \Delta H_{tr} + \int_{T_{tr}}^{T_2} C_p^2 \cdot dT$$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT = \int_{T_1}^{T_2} (a + b \cdot T + c \cdot T^{-2} + d \cdot T^2) \cdot dT = a \cdot (T_2 - T_1) + \frac{b}{2} \cdot (T_2^2 - T_1^2) +$$

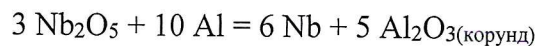
$$+ c \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) + d \cdot \left(\frac{T_2^3}{3} - \frac{T_1^3}{3} \right)$$

$$Q_{\text{Hf}} = 55.504 + 5.86 + 8.748 = 70.112 \text{ кДж/моль}$$

Рассчитываем среднюю теплоемкость гафния в интервале температур от 30 до 2000 °С:

$$\bar{c}_p = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} c_p dT = \frac{Q_{\text{Hf}}}{T_2 - T_1} = \frac{70.112}{2273 - 303} = 35.6 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

4. Рассчитать тепловой эффект реакции по восстановлению алюминием 100 кг Nb₂O₅ при 2800 К:



Решение:

Находим термодинамические параметры для каждого из веществ

В-во	-ΔH _f ²⁹⁸ , кДж/моль	$C_p = a + b \cdot 10^{-3} \cdot T + c \cdot 10^5 \cdot T^{-2} + d \cdot 10^{-6} \cdot T^2$, Дж/(моль·К)				T _m , К	ΔH _m ^{T_m} , кДж/моль
		a (a*)	b	-c	d		
Nb ₂ O ₅	1899.5	140.4 (242.3)	53.08	20.59	-16.34	1785	104.27
Al	0	32.97 (31.75)	-20.68	4.14	23.75	933	10.71
Nb	0	26.60 (41.77)	-0.60	1.95	2.17	2750	30.00
Al ₂ O ₃	1675.7	114.6 (192.4)	12.89	34.31	-	2327	111.09

Рассчитываем ΔH²⁸⁰⁰_f (энтальпии образования при 2800 К) для каждого из реагирующих веществ

Вещество	Nb ₂ O ₅	Al	Nb	Al ₂ O ₃
----------	--------------------------------	----	----	--------------------------------

ΔH^{2800} , кДж/моль	-1264	81	1025	-1201
------------------------------	-------	----	------	-------

Вычисляем тепловой эффект реакции

$$\Delta H_{\text{р-ции}}^{2800} = 6 \cdot \Delta H_{f, \text{Nb}}^{2800} + 5 \cdot \Delta H_{f, \text{Al}_2\text{O}_3}^{2800} - 3 \cdot \Delta H_{f, \text{Nb}_2\text{O}_5}^{2800} - 10 \cdot \Delta H_{f, \text{Al}}^{2800}$$

$$\Delta H_{\text{р-ции}}^{2800} = -2417 \text{ кДж / моль}$$

Рассчитываем количество выделяющегося тепла

$$Q_{\text{р-ции}}^{2800} = -\Delta H_{\text{р-ции}}^{2800} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{m_{\text{Nb}_2\text{O}_5} (\text{кг})}{M_{\text{Nb}_2\text{O}_5} (\text{кг / моль})} = 303.1 \text{ МДж}$$

2. Домашняя работа по решению задач по разделу «Учение о растворах».

1. При 15 °С 20 %-ный раствор H_2SO_4 имеет плотность 1.145 г/мл. Рассчитать мольную долю серной кислоты, ее молярную и моляльную концентрации.

Пусть масса раствора равна $m_{\text{р-ра}} = 100$ г,

Тогда массы серной кислоты и воды равны:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.2 = 20 \text{ г} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 80 \text{ г}$$

Решение:

Количество вещества H_2SO_4 и H_2O в 100 г раствора:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{20 \text{ г}}{98 \text{ г / моль}} = 0.204 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{80 \text{ г}}{18 \text{ г / моль}} = 4.444 \text{ моль}$$

Мольная доля H_2SO_4 :

$$x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.204 \text{ моль}}{0.204 \text{ моль} + 4.444 \text{ моль}} = 0.044 = 4.4\%$$

Объем раствора равен:

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho_{\text{р-ра}}} = \frac{100 \text{ г}}{1.145 \text{ г / мл}} = 87.3 \text{ мл}$$

Так как 0.204 моль H_2SO_4 содержится в 87.3 мл раствора, молярная концентрация равна:

$$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{0.204 \text{ моль}}{87.3 \text{ мл}} = \frac{0.204 \text{ моль}}{87.3 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = 2.34 \text{ моль / л}$$

Так как 0.204 моль H_2SO_4 содержится в 80 г растворителя, моляльная концентрация равна:

$$\tilde{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.204 \text{ моль}}{80 \text{ г}} = \frac{0.204 \text{ моль}}{0.08 \text{ кг}} = 2.55 \text{ моль / кг}$$

2. Плотность водного раствора метилового спирта с массовой долей CH_3OH 60 мас. % при 20 °С равна 0.8946 г/см³. Парциальный молярный объем воды в этом растворе равен 16.8 см³/моль. Определить парциальный объем спирта.

Решение:

Объем 100 г раствора равен:

$$V = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho_{\text{р-ра}}} = \frac{100 \text{ г}}{0.8946 \text{ г / см}^3} = 111.78 \text{ см}^3$$

Парциальный молярный объем спирта:

$$\bar{V}_2 = \frac{V - \bar{V}_1 \cdot n_1}{n_2} = \frac{111.78 \text{ см}^3 - 16.8 \text{ см}^3 / \text{моль} \cdot 2.22 \text{ моль}}{1.87 \text{ моль}} = 39.83 \text{ см}^3 / \text{моль}$$

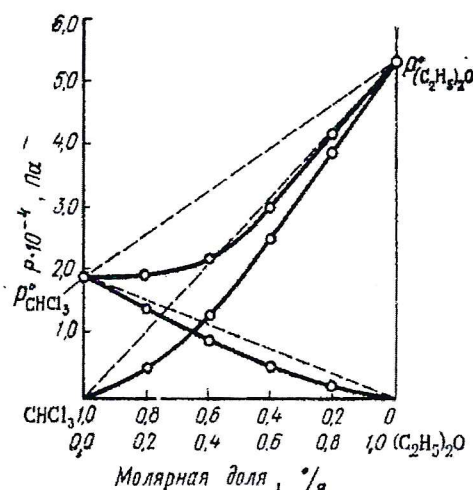
3. При изучении равновесия системы хлороформ - диэтиловый эфир при 298 К были получены следующие парциальные давления насыщенного пара:

$x (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$p (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O} \cdot 10^{-4} \text{ Па}$	0.000	0.460	1.287	2.666	4.093	5.333
$p \text{CHCl}_3 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$	1.933	1.480	0.920	0.460	0.165	0.000

Постройте графики зависимости парциальных и общего давления насыщенного пара от состава раствора. Сделайте заключение относительно характера отклонения от закона Рауля, о коэффициентах активности компонентов раствора при всех концентрациях, изменении объема при образовании раствора и о тепловом эффекте смешения.

Решение:

На основании приведенных парциальных давлений вычислим общее давление и построим графики $p (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O} = f(x)$, $p \text{CHCl}_3 = f(x)$, $P=f(x)$, где x -молярная доля эфира



По характеру кривых видно, что растворы при всех концентрациях не подчиняются закону Рауля. Наблюдается отрицательное отклонение от закона Рауля. Отрицательное отклонение от линейной зависимости уменьшается и стремится к нулю при приближении концентрации компонента раствора к единице.

Коэффициенты активности компонента раствора при всех концентрациях меньше единицы. Следовательно, при образовании растворов объемы их меньше суммы объемов компонентов. При образовании растворов выделяется теплота ($\Delta H_{\text{см}} < 0$).

Находим активности и коэффициенты активности диэтилового эфира:

$$a_1 = \frac{p_1}{p_1^0} \quad a_{1(0.2)} = \frac{p_{1(0.2)}}{p_1^0} = \frac{0.460 \cdot 10^4}{5.333 \cdot 10^4} = 0.086$$

$$\gamma_1 = \frac{a_1}{x_1} \quad \gamma_{1(0.2)} = \frac{a_{1(0.2)}}{x_{1(0.2)}} = \frac{0.086}{0.2} = 0.431$$

$x (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$a (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	0.0	0.086	0.241	0.500	0.767	1.0
$\gamma (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	-	0.431	0.603	0.833	0.959	1.0

Аналогично для хлороформа:

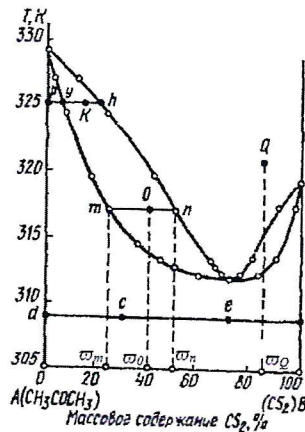
$$a_2 = \frac{p_2}{p_2^0} \quad a_{2(0.2/0.8)} = \frac{p_{2(0.2/0.8)}}{p_2^0} = \frac{1.480 \cdot 10^4}{1.933 \cdot 10^4} = 0.766$$

$$\gamma_2 = \frac{a_2}{x_2} \quad \gamma_2 = \frac{a_{2(0.2/0.8)}}{x_{2(0.2/0.8)}} = \frac{0.766}{0.8} = 0.987$$

x (C ₂ H ₅) ₂ O	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
x CHCl ₃	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
a CHCl ₃	1.0	0.766	0.476	0.238	0.085	0.0
γ CHCl ₃	1.0	0.987	0.793	0.594	0.425	-

3. Домашняя работа по решению задач по разделу «Фазовые диаграммы».

1. Какой компонент и в каком количестве можно выделить из системы, содержащей 70 кг ацетона и 30 кг сероуглерода?



Решение:

В начальном состоянии система содержит 70% (мас.) ацетона и 30% (мас.) сероуглерода (точка с). Такую систему методом фракционной перегонки можно разделить на чистый компонент А (ацетон) и азеотропную смесь, содержащую 28.5% ацетона и 71.5% сероуглерода. Конечное состояние системы изображается на диаграмме точками d (чистый ацетон) и e (азеотропная смесь).

Масса ацетона, которую можно выделить из 100 кг исходной системы, находится или по правилу рычага, или по методу неизменного компонента.

Правило рычага. Если обозначить массу выделенного ацетона через x кг, тогда масса азеотропной смеси будет (100 - x) кг и по правилу рычага:

$$\frac{x}{100 - x} = \frac{\overline{Ce}}{\overline{Cd}} = \frac{71.5 - 30}{30 - 0} = \frac{41.5}{30}$$

$$\frac{x}{100 - x} = \frac{\overline{Ce}}{\overline{Cd}} = \frac{70 - 28.5}{100 - 70} = \frac{41.5}{30}$$

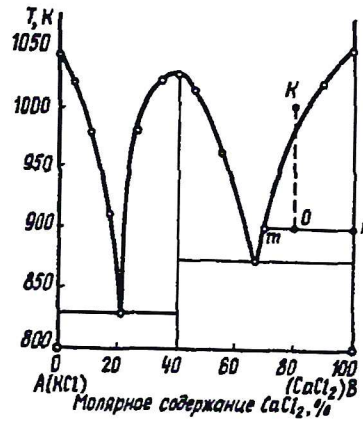
Получим 58.04 кг ацетона

Метод неизменного компонента. При разделении системы, содержащей 70 кг (CH₃)₂CO и 30 кг CS₂ методом фракционной перегонки весь сероуглерод перейдет в азеотропную смесь. Масса сероуглерода останется неизменной, но в азеотропной смеси 30 кг сероуглерода будут соответствовать 71.5% CS₂.

Общая масса азеотропной смеси равна (30·100)/71.5 = 41.96 кг.

Следовательно, из 100 кг исходной системы выделить ацетона x = 100 - 41.96 = 58.04 кг

2. Какой компонент и в каком количестве выкристаллизуется, если 5 кг расплава KCl-CaCl₂, содержащего 80 мол. % CaCl₂, охладить от 1000 К до 900 К?



Решение:

Исходная система на диаграмме плавкости обозначена точкой К, конечная – точкой О. При 900 К система состоит из расплава (точка m) и кристаллов CaCl₂ (точка n). Так как M₁ = 74.56 кг/кмоль, M₂ = 110.97 кг/кмоль, количество вещества расплава равно:

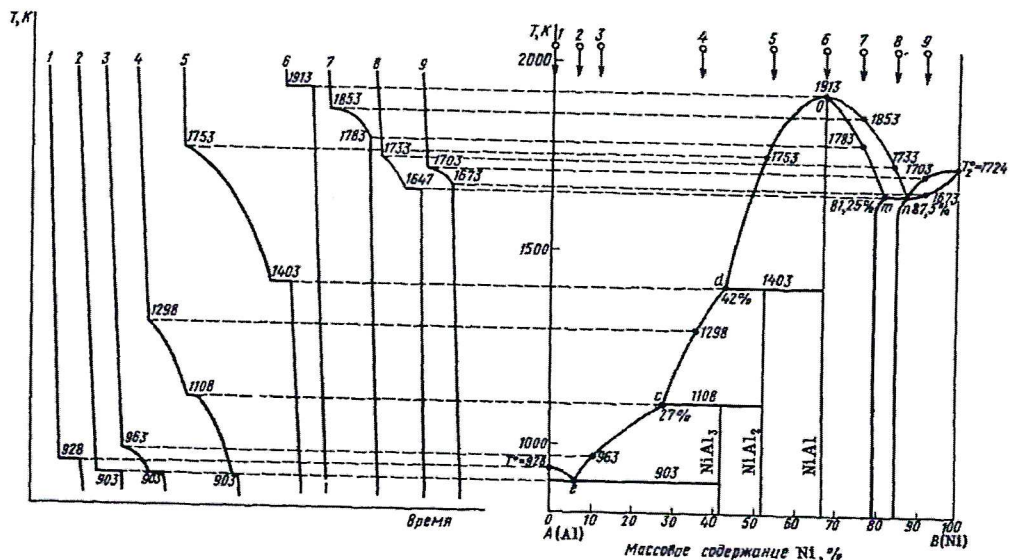
$$n = \frac{5}{74.56 \cdot 0.2 + 110.97 \cdot 0.8} = 0.0482 (\text{кмоль})$$

Обозначая количество выпавших кристаллов при охлаждении исходной системы от 1000 до 900 К через x кмоль, а количество расплава (0.0482-x) кмоль, получаем:

$$\frac{x}{0.0482 - x} = \frac{Om}{On} = \frac{80 - 71}{100 - 80} = \frac{9}{20}$$

Решение уравнения дает x = 0.015 кмоль или 1.665 кг CaCl₂.

3. Построить кривые охлаждения для точек 1-8 по диаграмме плавкости системы Al-Ni. Охарактеризовать фазовый состав и определить в каждой фазовой области число степеней свободы.



Решение:

Состав 1. При охлаждении расплава чистого алюминия (фигуративная точка 1) до температуры его кристаллизации ($T_1^0 = 928$ К) наблюдается плавное понижение температуры расплава ($C_{усл} = 1 - 1 + 1 = 1$). При 928 К начинается выпадение кристаллов Al из расплава. Выделяющаяся теплота кристаллизации компенсирует потерю теплоты в окружающую среду, в результате чего температура остается неизменной ($C_{усл} = 1 - 2 + 1 = 0$). На кривой охлаждения будет наблюдаться температурная остановка до тех пор, пока весь Al не закристаллизуется, после чего температура вновь начнет плавно понижаться ($C_{усл} = 1 - 1 + 1 = 1$).

Состав 2. При охлаждении расплава, содержащего 95% Al и 5% Ni (фигуративная точка

2), плавное понижение температуры наблюдается до 903 К (эвтектическая температура). При этой температуре кристаллизуется из расплава эвтектика, представляющая собой смесь мелких кристаллов алюминия и неустойчивого химического соединения NiAl_3 . Пока вся эвтектика не закристаллизуется, на кривой охлаждения 2 будет температурная остановка ($C_{\text{усл}} = 2 - 3 + 1 = 0$), а затем температура начнет плавно понижаться ($C_{\text{усл}} = 2 - 2 + 1 = 1$).

Состав 3. При охлаждении расплава, содержащего 90% Al и 10% Ni (фигуративная точка 3), плавное изменение температуры наблюдается до 963 К. При этой температуре из расплава начнет кристаллизоваться химическое соединение NiAl_3 , состав которого отличается от состава исходного расплава (химическое соединение содержит 58% Al и 42% Ni). Вследствие выделения теплоты кристаллизации скорость охлаждения системы уменьшается, на кривой охлаждения 3 при 963 К появляется излом и кривая при дальнейшем охлаждении системы изменяется менее круто. По мере кристаллизации NiAl_3 наблюдается замедленное понижение температуры ($C_{\text{усл}} = 2 - 2 + 1 = 1$) и изменение состава расплава до эвтектического. При эвтектической температуре (903 К) кристаллизуется эвтектика, состоящая из кристаллов алюминия и химического соединения NiAl_3 . На кривой охлаждения 3 наблюдается температурная остановка, длительность которой меньше, чем на кривой охлаждения 2, что объясняется меньшим количеством кристаллизующейся эвтектики.

Состав 4. При охлаждении расплава, содержащего 65% Al и 35% Ni (фигуративная точка 4), плавное понижение температуры наблюдается до 1298 К. При этой температуре из расплава начинается кристаллизация неустойчивого химического соединения NiAl_2 . Поскольку состав выпадающих кристаллов отличается от состава исходного расплава (химическое соединение содержит 48% Al и 52% Ni), то выделяющаяся теплота кристаллизации лишь изменит скорость охлаждения системы и на кривой охлаждения 4 при 1298 К появится излом. При дальнейшей кристаллизации NiAl_2 наблюдается замедленное понижение температуры ($C_{\text{усл}} = 2 - 2 + 1 = 1$) и изменение состава расплава до перитектического (фигуративная точка С). При 1108 К из расплава начнут выпадать кристаллы NiAl_3 . Система становится трехфазной (расплав, составу которого отвечает точка С, кристаллы NiAl_2 и NiAl_3) условно инвариантной ($C_{\text{усл}} = 2 - 3 + 1 = 0$). Температура системы будет оставаться неизменной до тех пор, пока все кристаллы NiAl_2 , выпавшие из расплава в интервале температур от 1298 до 1108 К, не израсходуются в ходе перитектической реакции. При исчезновении последнего кристалла NiAl_2 система становится двухфазной условно моновариантной ($C_{\text{усл}} = 2 - 2 + 1 = 1$). При замедленном понижении температуры до 903 К будет происходить кристаллизация NiAl_3 . При 903 К кристаллизация эвтектики аналогична кристаллизации из состава 3.

Состав 5. При охлаждении расплава, содержащего 48% Al и 52% Ni (фигуративная точка 5), до 1753 К начинается кристаллизация устойчивого химического соединения NiAl и скорость понижения температуры уменьшается. На кривой охлаждения 5 появляется излом, а состав расплава, по мере выпадения кристаллов, изменяется до перитектического (фигуративная точка d). При 1403 К все выпавшие ранее кристаллы NiAl взаимодействуют с расплавом с образованием кристаллов NiAl_2 . Пока система трехфазная, температура остается постоянной ($C_{\text{усл}} = 2 - 3 + 1 = 0$). С исчезновением кристаллов NiAl и последней капли расплава, составу которого отвечает точка d, система будет представлять собой чистые кристаллы NiAl_2 . Дальнейшее понижение температуры приведет к плавному охлаждению этих кристаллов ($C_{\text{усл}} = 1 - 1 + 1 = 1$).

Состав 6. Расплав, содержащий 32% Al и 68% Ni (фигуративная точка 6), совпадает по составу с устойчивым химическим соединением NiAl . Процесс кристаллизации NiAl аналогичен кристаллизации чистого алюминия. Различие состоит лишь в температурах кристаллизации.

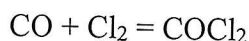
Состав 7. При охлаждении расплава, содержащего 25% Al и 75% Ni (фигуративная точка 7), плавное понижение температуры наблюдается до 1853 К. При этой температуре из расплава начинается кристаллизация твердого раствора Ni в NiAl (твердый раствор с ограниченной растворимостью в твердом состоянии Ni в NiAl). За счет выделяющейся теплоты кристаллизации температура начинает понижаться медленнее, на кривой охлаждения 7 появляется излом. При кристаллизации твердого раствора Ni в NiAl состав расплава меняется по линии ликвидуса O_p , а твердого раствора – по линии солидуса O_m . При охлаждении системы до 1783 К исчезнет последняя капля жидкого расплава, и система будет представлять собой твердый раствор на основе химического соединения NiAl такого же состава, что и исходный расплав. Дальнейшее понижение температуры этой системы не связано с какими-либо фазовыми изменениями, наблюдается лишь охлаждение этого твердого раствора.

Состав 8. При охлаждении расплава, содержащего 17.5% Al и 82.5% Ni (фигуративная точка 8), до 1733 К из расплава начинается кристаллизация твердого раствора Ni в NiAl. При этом скорость понижения температуры уменьшается, а на кривой охлаждения 8 появляется излом. В процессе кристаллизации изменяются составы жидкого расплава и твердого раствора. При 1647 К система становится трехфазной (кристаллы твердого раствора Ni в NiAl состава m, кристаллы твердого раствора Al в Ni состава n и расплав состава p). Кристаллизация такой системы протекает при постоянной температуре ($C_{усл} = 2 - 3 + 1 = 0$). Дальнейшее понижение температуры приводит к вторичной кристаллизации твердого раствора на основе никеля.

Состав 9. Процесс охлаждения расплава, содержащего 10% Al и 90% Ni (фигуративная точка 9), аналогичен процессу охлаждения расплава состава 7. Различие состоит лишь в том, что из расплава 9 кристаллизуется твердый раствор с ограниченной растворимостью в твердом состоянии Al в Ni, и процесс кристаллизации этого твердого раствора начинается при более низкой температуре 1703 К. При 1673 К исчезает последняя капля расплава, и кристаллизация заканчивается. Дальнейшее понижение температуры происходит линейно.

4. Домашняя работа по решению задач по разделу «Химическая кинетика».

1. Реакция образования фосгена:



является реакцией второго порядка. Определите, сколько фосгена образуется за 2 ч протекания процесса, если начальные концентрации угарного газа и хлора составляли 0.0187 моль/л, а после 24 мин остаточные концентрации исходных веществ были равны 0.0173 моль/л.

Решение:

Кинетическое уравнение второго порядка:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{1}{a-x} - \frac{1}{a} \right) = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a \cdot (a-x)}$$

Изменение концентрации: $x = 0.0187 - 0.0173 = 0.0014$ моль/л

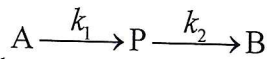
Вычисляем константу скорости:

$$k = \frac{1}{24 \text{ мин}} \cdot \frac{0.0014 \text{ моль/л}}{0.0187 \text{ моль/л} \cdot (0.0187 \text{ моль/л} - 0.0014 \text{ моль/л})} = 0.18 \text{ л}/(\text{мин} \cdot \text{моль})$$

Так как концентрация образовавшегося фосгена равна убыли хлора или CO, концентрация его через 2 ч или 120 мин составит:

$$C_{COCl_2} = \frac{k \cdot t \cdot a^2}{k \cdot t \cdot a + 1} = \frac{0.18 \cdot 120 \cdot 0.0187^2}{0.18 \cdot 120 \cdot 0.0187 + 1} = 0.0054 \text{ моль/л}$$

2. Последовательная реакция первого порядка протекает по схеме:



При 298 К $k_1 = 0.1 \text{ ч}^{-1}$ и $k_2 = 0.05 \text{ ч}^{-1}$ начальная концентрация вещества А $a = 1 \text{ моль/л}$. Вычислите: 1) координаты максимума кривой $[P] = f(t)$; 2) продолжительность 1 стадии реакции (достижение концентрации $[A] < 0,001 \text{ моль/л}$); 3) концентрации $[P]$ и $[B]$ в момент окончания 1 стадии; 4) время, за которое концентрация В станет 0.01 моль/л ; 5) координаты точки перегиба кривой $[B] = f(t)$.

Решение:

Рассчитаем время, которому будет соответствовать максимальная концентрация промежуточного продукта:

$$t_{\text{макс}} = \frac{\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)}{k_2 - k_1} = \frac{\ln(0.05/0.1)}{0.05 - 0.1} = 13.6 \text{ ч}$$

Вычислим q : $q = k_2/k_1 = 0.05/0.1 = 0.5$

Рассчитаем концентрацию Р при $t_{\text{макс}}$:

$$[P]_{t_{\text{макс}}} = \frac{a}{q-1} \cdot \left[q \frac{1}{q-1} - q \frac{q}{q-1} \right] = \frac{1}{0.5-1} \cdot \left[0.5 \frac{1}{0.5-1} - 0.5 \frac{0.5}{0.5-1} \right] = 0.5 \text{ моль/л}$$

Так как у нас реакция первого порядка, можем записать кинетическое уравнение для $[A]$ $= 0,001 \text{ моль/л}$:

$$[A] = a - x = a \cdot e^{-k_1 t}$$

Откуда:

$$t_1 = \frac{\ln\left(\frac{[A]}{a}\right)}{-k_1} = \frac{\ln(0.001/1)}{-0.1} = 69.1 \text{ ч}$$

Концентрация $[P]$ через 69.1 ч:

$$[P] = \frac{a \cdot k_1}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1 t_1} - e^{-k_2 t_1}) = \frac{1 \cdot 0.1}{0.05 - 0.1} \cdot (e^{-0.1 \cdot 69.1} - e^{-0.05 \cdot 69.1}) = 0.061 \text{ моль/л}$$

Концентрация $[B]$ через 69.1 ч:

$$[B] = a - [A] - [P] = 1 - 0.001 - 0.061 = 0.938 \text{ моль/л}$$

Концентрация $[B]$ в момент времени t :

$$[B] = 0.01 = a \cdot \left(1 + \frac{k_1 \cdot e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} - \frac{k_2 \cdot e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} \right) = 1 \cdot \left(1 + \frac{0.1 \cdot e^{-0.05 t}}{0.05 - 0.1} - \frac{0.05 \cdot e^{-0.1 t}}{0.05 - 0.1} \right) = 1 + e^{-0.1 t} - 2 \cdot e^{-0.05 t}$$

Решение уравнения:

$$1 + e^{-0.1 t} - 2 \cdot e^{-0.05 t} = 0.01$$

осуществляем методом подбора:

t, ч	1	1.5	2	2.5	3
[B], моль/л	0.002	0.005	0.009	0.014	0.019

В итоге получаем время - около 2 ч

Точку перегиба кривой $[B] = f(t)$ находим, используя условие:

$$\frac{\partial^2 [B]}{\partial t^2} = 0$$

$$\frac{\partial [B]}{\partial t} = a \cdot \left(-\frac{k_2 \cdot k_1 \cdot e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} \right)$$

$$\frac{\partial^2 [B]}{\partial t^2} = a \cdot \left(\frac{k_2^2 \cdot k_1 \cdot e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} - \frac{k_1^2 \cdot k_2 \cdot e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} \right) = 0$$

$$k_2 \cdot e^{-k_2 t} - k_1 \cdot e^{-k_1 t} = 0$$

$$0.05 \cdot e^{-0.05 t} - 0.1 \cdot e^{-0.1 t} = 0$$

$$t = 13.9 \text{ ч} \quad [B] = 0.243 \text{ моль/л}$$

3. В присутствии ионов CN- бензальдегид превращается в бензоил. Определите энергию активации этого превращения, если известны следующие данные:

T, К	313.2	321.3	333.2
k, мин-1	0.026	0.048	0.089

Решение:

Так как:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Выражение для энергии активации имеет вид:

$$E_A = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \ln \frac{k_2}{k_1}}{T_2 - T_1}$$

Для каждой пары температур:

$$E'_A = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \ln \frac{k_2}{k_1}}{T_2 - T_1} = \frac{8.314 \cdot 313.2 \cdot 321.3 \cdot \ln \frac{0.048}{0.026}}{321.3 - 313.2} = 58785.2 \text{ Дж/моль}$$

$$E''_A = \frac{8.314 \cdot 313.2 \cdot 333.2 \cdot \ln \frac{0.089}{0.026}}{333.2 - 313.2} = 60040.4 \text{ Дж/моль}$$

$$E'''_A = \frac{8.314 \cdot 321.3 \cdot 333.2 \cdot \ln \frac{0.089}{0.048}}{333.2 - 321.3} = 54643.0 \text{ Дж/моль}$$

Среднее значение: $\bar{E}_A = 58822.9 \text{ Дж/моль}$

8.3.10. Примерные задания в составе контрольных работ

Контрольная работа № 1

1. **Задача на тему «Равновесные электродные процессы».** **Пример:** Вычислить при 10 °С ЭДС медно-цинкового элемента, в котором концентрация ионов Cu^{2+} равна 0.001 М, а Zn^{2+} - 0.1 М. Диффузионным потенциалом пренебречь. Коэффициенты активности принять равными единице.

Решение:

Потенциал медного электрода равен:

$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{Cu}^{2+}} \approx \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln c_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0.337 \text{ В} + \frac{8.314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 283 \text{ К}}{2 \cdot 96485 \text{ Кл/моль}} \cdot \ln 0.001 \text{ моль/л} = 0.253 \text{ В}$$

Потенциал цинкового электрода равен:

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln a_{\text{Zn}^{2+}} \approx \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln c_{\text{Zn}^{2+}}$$

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0.763 \text{ В} + \frac{8.314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 283 \text{ К}}{2 \cdot 96485 \text{ Кл/моль}} \cdot \ln 0.1 \text{ моль/л} = -0.791 \text{ В}$$

ЭДС медно-цинкового элемента:

$$E = \varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = 0.253 \text{ В} - (-0.791 \text{ В}) = 1.044 \text{ В}$$

2. **Задача на тему «Неравновесные явления в электролитах».** **Пример:** Удельная

электропроводность 5%-го раствора $Mg(NO_3)_2$ при $18^\circ C$ равна 4.38 См/м , а его плотность - 1.038 г/см^3 . Рассчитать эквивалентную молярную электропроводность раствора и кажущуюся степень диссоциации соли в растворе. Предельные подвижности ионов Mg^{2+} и NO_3^- при $18^\circ C$ равны соответственно 44.6 и $62.6 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}\cdot\text{эquiv}$.

Решение:

Концентрация $Mg(NO_3)_2$ равна:

$$c = \varpi \cdot \frac{\rho}{M} = 0.05 \cdot \frac{1.038 \text{ г/см}^3}{148 \text{ г/моль}} \cdot 1000 = 0.35 \text{ моль/л} = 0.7 \text{ моль}\cdot\text{эquiv/л}$$

Эквивалентная электропроводность раствора:

$$\lambda = \frac{\kappa}{c \cdot 1000} = \frac{4.38 \text{ См/м}}{0.7 \text{ моль}\cdot\text{эquiv/л} \cdot 1000} = 6.25 \cdot 10^{-3} \text{ См}\cdot\text{м}^2/\text{моль}\cdot\text{эquiv}$$

Предельная эквивалентная электрическая проводимость равна:

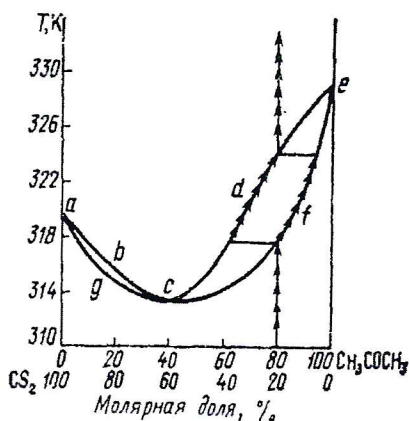
$$\lambda^\infty = (U_+^\infty + U_-^\infty) = 44.6 + 62.6 = 107.2 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}\cdot\text{эquiv}$$

Кажущаяся степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{62.5 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}\cdot\text{эquiv}}{107.2 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}\cdot\text{эquiv}} = 0.583$$

Контрольная работа № 2

1. **Задача на тему «Диаграммы кипения».** **Пример:** Проанализируйте фазовое состояние системы $CS_2 - CH_3COCH_3$ на основании диаграммы кипения и процесса нагревания системы с молярной долей CH_3COCH_3 80 %.



Решение:

Выше кривой abcde составов насыщенного пара система гомогенна, фаза одна – пар.

Ниже кривой agcfe составов кипящей жидкости система гомогенна, фаза одна – жидкая.

Между кривыми abcde и agcfe система гетерогенна, в равновесии жидкость и пар.

Состав пара определяется по кривой abcde, состав жидкой фазы определяется по кривой agcfe.

Точка c - азеотропная смесь. Эта точка характеризуется одинаковым составом жидкой фазы и пара.

В процессе нагревания системы с молярной долей CH_3COCH_3 80 % до 317.5 К система жидкая, гомогенная. Условное число степеней свободы равно 2.

При 317.5 К начинается кипение системы. Молярный состав первого пузырька пара – 62 % CH_3COCH_3 . $C_{\text{усл}} = 1$. Так как пар богаче сероуглеродом, чем жидкость, то жидкая фаза обедняется по CS_2 , и состав ее меняется. Вместе с изменением состава, меняется температура кипения. Изменение состава жидкой фазы ведет и к изменению состава насыщенного пара (изменения составов показаны стрелками). Условное число степеней свободы равно 1.

При 323.7 К состав пара становится равен составу исходной жидкой системы. При этой температуре исчезает последняя капля жидкой фазы. Ее молярный состав 94 % CH_3COCH_3 . Условное число степеней свободы – 1.

Далее система становится гомогенной и происходит нагревание пара. Состав системы при этом меняться не будет. Условное число степеней свободы равно 2.

8.3.11. Примерные задания для рефератов

1. Хроматография
2. Растворы высокомолекулярных соединений (молекулярные коллоиды)
3. Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ (ассоциативные коллоиды)
4. Мембранные методы разделения смесей
5. Окраска и оптическая анизотропия дисперсных систем
6. Седиментация и седиментационный анализ дисперсности
7. Устойчивость, стабилизация и коагуляция лиофобных дисперсных систем
8. Механизм и кинетика уменьшения дисперсности систем. Коагуляция
9. Электрокинетические явления
10. Электроповерхностные явления
11. Реология
12. Диализ, электродиализ, ультрафильтрация
13. Стабилизация и коагуляция дисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз
14. Поверхностно активные вещества и основы их применения

Реферат должен иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- оглавление с указанием глав, параграфов, страниц;
- введение;
- основная часть (разбитая на главы и параграфы);
- заключение;
- список реферируемой литературы;
- приложения (если есть).

Будучи вторичным текстом, реферат составляется в соответствии со всеми требованиями, предъявляемыми к связанному высказыванию. Вводная часть должна включать в себя: обоснование актуальности темы реферата с позиции научной значимости, постановку целей и формирование задач, которые требуется решить для выполнения цели, краткий обзор и анализ источников базы, изучения литературы и прочих источников информации. Основная часть реферата должна быть направлена на рассмотрение и раскрытие основных положений выбранной темы. Основная часть реферата, помимо почерпнутого из разных источников содержания, должна включать в себя собственное мнение автора реферата и сформулированные выводы, опирающиеся на приведенные факты. Обязательным являются ссылки на авторов, чьи позиции, мнения, информация использованы в реферате. Заключительная часть реферата состоит из подведения итогов выполненной работы, краткого и четкого изложения выводов, анализа степени выполнения поставленных во введении задач, указывается, что нового лично для себя автор вынес из работы над рефератом.

8.3.12. Примерные задания для курсового проектирования

Не предусмотрено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

В оснащении имеются специальные помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для проведения лабораторных работ.

Лабораторный практикум организован с использованием комплекса компьютеризированных специализированных установок («Phywe», Германия) в лаборатории

физической химии (Ф-230).

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, оборудованием и техническими средствами обучения:

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная мультимедиа-аппаратурой (Ф-229).
2. Компьютерный класс (Ф-232).

