

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физическая химия

Образовательная программа: 18.03.01 Химическая технология, профиль: Химические технологии функциональных материалов

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Механико-технологический факультет,

		Семестр	
№	Вид деятельности	2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	6
2	Всего часов	144	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	74	94
4	Лекции, час.	18	36
5	Практические занятия, час.	18	18
6	Лабораторные занятия, час.	18	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	9	9
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	18	20
10	Самостоятельная работа, час.	70	122
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	3	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 18.03.01 Химическая технология

ФГОС введен в действие приказом №1005 от 11.08.2016 г. , дата утверждения: 29.08.2016 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 18.03.01 Химическая технология

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ХХТ, протокол заседания кафедры №2/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.х.н. Тимакова Е. В.

Заведующий кафедрой:

д.х.н. Уваров Н. Ф.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Апарнев А. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
34. знать методы термодинамического описания химических, фазовых равновесий и равновесий в растворах электролитов	
Компетенция ФГОС: ОПК.2 готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы; в части следующих результатов обучения:	
34. знать основы химической термодинамики и электрохимии; теорию и термодинамику растворов и электрохимических процессов	
Компетенция ФГОС: ПК.16 способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; в части следующих результатов обучения:	
y11. уметь рассчитывать физические константы и характеристики химических процессов	
Компетенция ФГОС: ПК.19 готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления; в части следующих результатов обучения:	
y7. уметь проводить термодинамическое описание химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Физическая химия	
ОПК.1.34 знать методы термодинамического описания химических, фазовых равновесий и равновесий в растворах электролитов	
1.о состоянии химического равновесия и способах его определения, определении констант равновесия K_c , K_p , K_a , K_x и K_f и их зависимости от температуры	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2.о фазовом равновесии в различных системах, правиле фаз Гиббса, диаграммах состояния и плавкости	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3.о современных представлениях о природе растворов и механизме растворения	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.иметь представление о равновесных электродных процессах и ЭДС, работе гальванического элемента	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.о неравновесных электродных процессах, работе электролизера	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6.иметь представление о поверхностных явлениях и адсорбции	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7.знать методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

8.термодинамику растворов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
9.термодинамику электрохимических процессов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
10.основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11.методы экспериментального изучения адсорбционного равновесия	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.34 знать основы химической термодинамики и электрохимии; теорию и термодинамику растворов и электрохимических процессов	
12.об основных законах классической равновесной термодинамики	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
13.об исходных положениях термодинамики неравновесных (реальных) процессов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
14.начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.16.y11 уметь рассчитывать физические константы и характеристики химических процессов	
15.уметь выполнять основные химические операции, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16.определять направленность процесса в заданных начальных условиях	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17.вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
18.вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.19.y7 уметь проводить термодинамическое описание химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах	
19.прогнозировать влияния различных факторов на равновесие в химических реакциях	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
20.устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных и бинарных системах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
21.владеть навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
22.определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Химическая термодинамика				

1. Введение. Термодинамические системы, состояние систем, процессы. Свойства идеальных газов. Стандартные и нормальные условия проведения опытов. Нулевой закон термодинамики. Работа, теплота, энергия. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Работа, совершаемая при обратимом изобарном и изотермическом расширении. Изменение внутренней энергии при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме (изохорная теплоемкость). Теплоемкость истинная, молярная, удельная, средняя. Методы оценки теплоемкости.	0	2	12, 14	Изучение теоретических основ классической химической термодинамики.
2. Энтальпия, ее физический смысл. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние вещества. стандартные энтальпии физических процессов. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии химических реакций. Стандартные энтальпии образования и сгорания. Интегральные и дифференциальные энтальпии растворения. Расчет теплоты химических реакций с помощью стандартных энтальпий образования, энтальпии сгорания, средних энергий химической связи, термодинамических циклов. Расчет энергии кристаллической решетки и теплоты растворения. Изобарная теплоемкость. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа. Использование стандартных табличных данных для расчета тепловых эффектов при заданной температуре.	0	2	12, 14, 15, 17, 8	Изучение термодинамических основ процессов образования и сгорания веществ, процессов образования растворов. Обучение работе с различными справочными данными физико-химических величин.

3. Энтропия как приведенная теплота и мера беспорядка. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса для самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций. Энергия Гиббса как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном давлении и температуре. Энергия Гельмгольца как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном объеме и температуре. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания хи	0	2	1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 8	Изучение теоретических основ классической химической термодинамики. Обучение работе с различными справочными данными физико-химических величин. Приобретение навыков расчета термодинамических потенциалов и описания термодинамического равновесия.
4. Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами, взаимосвязь между ними. Термическая диссоциация, степень термической диссоциации, расчет равновесного состава смеси газов. Изобара и изохора химической реакции. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-Гоффа. Влияние общего давления, парциального давления и примесей посторонних инертных газов на равновесие. Методы расчета констант равновесия из табличных данных.	0	2	1, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8	Изучение теоретических основ классической химическскской термодинамики. Обучение работе с различными справочными данными физико-химических величин. Приобретение навыков расчета констант равновесия и описания термодинамического равновесия.

Дидактическая единица: Растворы неэлектролитов				
5. Растворы газовые, твердые и жидкие. Растворимость газов и твердых тел. Концентрация растворов молярная, эквивалентная, массовая, моляльная, молярная; массовые доли и процентная концентрация, титр раствора. Растворы электролитов и неэлектролитов. Растворы идеальные и предельно разбавленные, регулярные и атермальные. Тепловые, объемные и энтропийные эффекты для данных видов растворов. Парциальные молярные величины, методы расчета их значений. Химические потенциалы и их стандартные значения. Энергия Гиббса смешения компонентов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.	0	2	12, 14, 17, 3, 7, 8	Изучение теоретических основ термодинамики растворов. Приобретение навыков расчета концентраций растворов в различных шкалах. Приобретение навыков аналитического и графического расчета парциальных молярных величин.
6. Раствор нелетучего вещества в летучем растворителе. Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Экстракция. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. Криоскопическая и эбулиоскопическая постоянные. Коэффициент активности, расчет его значения по изменению давления пара и температуры замерзания. Осмос, осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.	0	2	12, 14, 18, 3, 7, 8	Изучение теоретических основ термодинамики растворов. Приобретение навыков расчета давлений насыщенного пара растворителя над раствором. Изучение основ экстракционного метода извлечения веществ. Приобретение навыков расчета температур кипения и замерзания растворов, изотонического коэффициента и степени диссоциации.
Дидактическая единица: Фазовые равновесия				
7. Агрегатные состояния вещества. Стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монокотропные и энантиотропные. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	0	2	14, 17, 2, 20, 3, 7	Изучение теоретических основ термодинамики фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Приобретение навыков описания и построения диаграмм однокомпонентных систем, расчета энтальпий фазовых переходов.

8. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Фазовая диаграмма давление-состав и температура состав (диаграммы кипения). Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова. Дистилляция. Азеотропы.	0	2	14, 16, 17, 2, 21, 3, 7	Изучение теоретических основ термодинамики фазовых равновесий в двухкомпонентных системах. Приобретение навыков описания и построения диаграмм кипения двухкомпонентных систем, определение равновесного состава системы, расчет количеств сосуществующих фаз.
9. Диаграммы плавкости двух твердых веществ без образования химических соединений. Кривые охлаждения и построение диаграмм плавкости. Ректификация веществ методом зонной плавки. Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с полной или ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, а также полной нерастворимостью в твердом состоянии. Эвтектическая температура. Использование правила рычага для расчета состава твердой и жидкой фаз. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем с образование химических соединений. Дистектическая и перитектические температуры. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.	0	2	14, 15, 16, 17, 2, 22, 3, 7, 8	Изучение теоретических основ термодинамики фазовых равновесий в двухкомпонентных системах. Приобретение навыков описания и построения диаграмм плавкости двухкомпонентных систем без образования химических соединений, определение равновесного состава системы, расчет количеств сосуществующих фаз. Приобретение навыков описания и построения диаграмм плавкости двухкомпонентных систем с образованием химических соединений, определение равновесного состава системы, расчет количеств сосуществующих фаз и составов образующихся химических соединений.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Растворы электролитов.				
1. Растворы электролитов. Механизмы образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации, сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабых электролитов. Изотонический коэффициент для неидеальных растворов, зависимость его от степени диссоциации.	0	2	12, 14, 18, 19, 3, 7, 8	Изучение основных положений теории электролитической диссоциации Аррениуса. Изучение основных положений протолитической теории Бренстеда-Лоури, ее применение к описанию кислотно основных равновесий в растворах электролитов.

2. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кисотно-основные равновесия. Диссоциация воды, ионное произведение воды, рН и рОН. Равновесия в растворах комплексных соединений. Гетерогенные ионные равновесия. Сильные и слабые кислоты (основания).	0	2	12, 14, 18, 19, 3, 7, 8	Изучение основных положений теории электролитической диссоциации Аррениуса. Изучение основных положений протолитической теории Бренстеда-Лоури, ее применение к описанию кислотно основных равновесий в растворах электролитов.
3. Амфолиты. Гидролиз, константа гидролиза, степень гидролиза. Буферные растворы, механизм их действия. Вывод уравнения Гендерсона. Буферная емкость.	0	2	12, 14, 16, 18, 19, 3, 7, 8	Изучение основных положений теории электролитической диссоциации Аррениуса. Изучение основных положений протолитической теории Бренстеда-Лоури, ее применение к описанию кислотно основных равновесий в растворах электролитов.
4. Термодинамика растворов электролитов. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энтальпия и энтропия сольватации. Уравнение Борна. Диполь-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Водородная связь молекул воды. Химический потенциал и активность соли в растворе. Шкалы активностей и коэффициентов активности.	0	2	12, 14, 17, 3, 7, 8	Изучение основных положений модели Борна для описания энергии кристаллической решетки. Расчет энергии кристаллической решетки в рамках модели Борна и по термодинамическим циклам.
5. Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Первое (предельный закон), второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Уравнения Гюнтельберга и Дэвиса. Ионная сила растворов. Зависимость коэффициента активности от ионной силы. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.	0	2	12, 13, 14, 18, 3, 7, 8	Изучение основных положений теории Дебая-Хюккеля, применение ее для расчета коэффициентов активности.
Дидактическая единица: Неравновесные явления в растворах электролитов.				

6. Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Поток диффузии и миграции. Измерение электропроводности растворов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Подвижность и числа переноса анионов и катионов. Эффекты вина и Дебая-Фалькенгагена.	0	2	1, 12, 13, 14, 19, 3, 5, 8	Изучение основных понятий и закономерностей теории электропроводности растворов электролитов.
7. Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	0	2	1, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 3, 5, 7, 8	Изучение основных приложений кондуктометрического метода для определения физико-химических характеристик растворов.
8. Основные законы и уравнения диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от температуры. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Значения коэффициента диффузии в различных средах. Взаимосвязь между коэффициентом диффузии и вязкостью в жидкостях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Расчет диффузионного потенциала. Уравнение Гендерсона и Льюиса-Саржента.	0	2	1, 12, 13, 14, 16, 3, 5, 8	Изучение основных законов и уравнений диффузии. Изучение способов расчета диффузионного потенциала.
Дидактическая единица: Равновесие электрохимических процессов.				
9. Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Основные окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса. Метод полуреакций.	0	2	16, 8	Рассмотрение окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса и методом полуреакций.

10. Электрохимия. Особенности электрохимических процессов. Электрохимические цепи. Гальванические элементы. Правила схематической записи электродов и цепей. Электрохимический потенциал. Условия электрохимического равновесия. Вывод уравнения Нернста. Расчет ЭДС гальванического элемента. Понятие электродного потенциала. Правило Лютера. Диаграммы Латимера. Диаграммы Фроста. Диаграммы Пурбе.	0	2	12, 13, 14, 16, 3, 4, 7, 8, 9	Изучение правил записи гальванических элементов и процессов, протекающих при их работе.
11. Классификация электродов. Электроды первого, второго и третьего рода. Простые и сложные окислительно-восстановительные системы. Газовые электроды. Классификация электрохимических цепей. Физические цепи. Концентрационные цепи с переносом и без переноса. Химические цепи с переносом и без переноса. Термодинамика электрохимических цепей.	0	2	12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 3, 4, 8, 9	Изучение классификации электродов. Составление цепей различного типа.
12. Применение метода ЭДС. Потенциометрия. Определение термодинамических функций, определение констант равновесия потенциалобразующей химической реакции в элементе, константы устойчивости (образования) комплекса, произведения растворимости, стандартных энергий Гиббса образования ионов, чисел переноса, определение рН растворов, составление диаграмм Пурбе.	0	2	1, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 3, 4, 8, 9	Изучение основ потенциометрического метода исследования и анализа веществ.
13. Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Ионоселективные электроды. аморфные твердые электролиты. Стекланный электрод. Строение различных типов стекланных электродов. Зависимость потенциала стеклнного электрода от активности ионов водорода. Измерение рН раствора с помощью стеклнного электрода.	0	2	1, 12, 13, 14, 16, 19, 4, 8, 9	Изучение строения стеклнного электрода и использование его в лабораторных исследованиях.

14. Общая характеристика электрохимических процессов. Электрохимические источники тока. Характеристики электрохимической батареи. Первичные источники тока: щелочные и литиевые батареи. Аккумуляторы. Принцип работы свинцового аккумулятора. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Принцип работы водородно-кислородного топливного элемента. Электрохимические реакции, происходящие под действием внешнего напряжения.	0	2	12, 13, 14, 17, 19, 3, 4, 8, 9	Изучение принципов работы электрохимических источников тока. Изучение основных типов и принципов работы электрохимических источников тока.
15. Законы электролиза (законы Фарадея). Отклонения от законов Фарадея. Электрохимический эквивалент. Кулометры. Общие закономерности электродных процессов при электролизе. Электролиз расплавов. Электролиз растворов. Область окислительно-восстановительной устойчивости воды. Диаграмма Пурбе для воды. Применение электролиза, электродиализ.	0	2	12, 13, 14, 16, 3, 4, 5, 8, 9	Изучение основных закономерностей процесса электролиза.
16. Коррозия: типы, количественные характеристики. Химическая коррозия. Электрохимическая коррозия. Классификация металлов по коррозионной стойкости. Способы защиты от коррозии. Определение возможности коррозии с помощью диаграммы Пурбе.	0	2	10, 12, 13, 14, 16, 19, 3, 4, 5, 7, 8, 9	Изучение основ химической и электрохимической коррозии.
Дидактическая единица: Поверхностные явления и адсорбция.				
17. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии. Теорема Вульфа. Метод избытков Гиббса. Адсорбция на поверхности жидкости не растворяющегося в ней газа. Адсорбция на поверхности жидкости растворенного в ней вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Смачивание. Капиллярные явления. Формула Томсона, старение осадков. Нуклеация и зародышеобразование.	0	2	10, 11, 13, 14, 15, 6	Изучение основных понятий и определений теории поверхностных явлений.

18. Адсорбция: основные понятия и определения. Типы адсорбции. Методы описание адсорбции. Изотерма адсорбции Генри. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Изотерма адсорбции БЭТ. Краткие сведения о пористых адсорбентах. Активированные угли. Нанюглеродные материалы. Фуллерены. Силикагели. Активный оксид алюминия. Алумосиликаты. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах.	0	2	10, 11, 13, 14, 15, 6	Изучение различных типов адсорбции, применение метода абсолютных концентраций для описания процессов адсорбции. Ознакомление с составами и методами производства пористых адсорбентов. Изучение термодинамических основ процессов адсорбции на пористых адсорбентах.
---	---	---	-----------------------	--

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Химическая термодинамика				
1. Определение теплового эффекта образования кристаллогидрата сульфата меди из безводной соли.	0,9	3	12, 14, 15, 17, 8	Определение постоянной калориметра, определение удельной теплоты растворения соли, расчет теплоты гидратообразования по теплотам растворения безводной соли и кристаллогидрата.
2. Исследование температурной зависимости термодинамических функций на примере реакции нейтрализации.	0,9	3	1, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8	Определение калориметрическим методом теплоемкости системы и теплоту нейтрализации сильной кислоты сильным основанием, слабой кислоты сильным основанием. Исследование зависимости энтальпии, энтропии, энергии Гиббса и максимальной работы от температуры.
3. Термодинамика химического равновесия процессов комплексообразования.	0,9	4	1, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 7, 8	Определение направление процесса в неравновесной системе с помощью изотермы химической реакции. Расчет равновесных концентраций катионов, комплексных ионов и комплекса в растворе, используя справочные данные констант образования комплексов. Определение отношения констант при двух температурах, расчет теплового эффекта процесса образования комплекса.
Дидактическая единица: Растворы неэлектролитов				

4. Определение коэффициента распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкими фазами.	0,9	4	12, 14, 15, 18, 3, 7, 8	Изучение распределения йода между водой и органическим растворителем при различных исходных концентрациях йода в органическом растворителе. Определение равновесных концентраций йода в воде и органическом растворителе методом титрования. Расчет коэффициента распределения.
Дидактическая единица: Фазовые равновесия				
5. Исследование перегонки бинарных смесей (полностью смешивающиеся жидкости).	0,9	4	15, 2, 21, 22, 3, 7, 8	Определение температуры кипения смеси органического растворителя с водой различных концентраций. Отбор проб конденсата. Определение показателя преломления исходных смесей, построения калибровочного графика и определение по нему состава проб конденсата. Построение диаграммы температура кипения-состав жидкости и равновесного пара. Сделать вывод о наличии или отсутствии отклонений от закона Рауля. В случае экстремума на кривой состав-температура кипения определить состав азеотропа.
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Растворы электролитов.				

1. Буферные растворы. Определение константы гидролиза. Влияние буферного раствора на гидролиз.	1	4	12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 3, 7, 8	Приготовление растворов ацетотного буфера при различных отношениях концентрации соли и кислоты. Приобретение навыков работы с рН-метром. Измерение рН исходных растворов. Добавление к каждому раствору сильного основания до изменения рН раствора на 1. Построение зависимости буферная емкость-концентрация соли. Сделать вывод о максимальной буферной емкости в растворе с одинаковыми концентрациями соли и кислоты. Измерение рН растворов различных типов электролитов. Написание уравнений гидролиза для данных солей, расчет констант гидролиза и степени гидролиза, рН раствора, используя справочные данные. Сравнение экспериментальных и расчетных величин. Добавление буферного раствора в исследуемые растворы солей, измерение рН полученных смесей. Сделать вывод о влиянии буферных растворов на процесс гидролиза.
Дидактическая единица: Неравновесные явления в растворах электролитов.				

2. Определение константы диссоциации бензойной кислоты. Определение произведения растворимости труднорастворимого соединения. Определение предельной эквивалентной электропроводности раствора NaCl и коэффициента электропроводности.	1	4	1, 12, 13, 14, 15, 18, 3, 5, 7, 8	Приготовление насыщенных растворов слабой кислоты и труднорастворимого соединения. Приобретение навыков работы с кондуктометром. Измерение удельной электропроводности растворов. Расчет константы диссоциации кислоты. Расчет растворимости труднорастворимого соединения и произведения растворимости. Сравнение полученных констант со справочными данными. Приготовление растворов NaCl различной молярной концентрации. Измерение удельной электропроводности растворов. Пересчет удельной электропроводности в молярную. Построение зависимости молярная электропроводность-корень квадратный из концентрации. Методом экстраполяции на ось y определение предельной эквивалентной электропроводности раствора. Обработка полученных данных с использованием формулы Кольрауша и зависимости Дебая-Хюккеля-Онзагера
Дидактическая единица: Равновесие электрохимических процессов.				

3. Гальванические элементы, составленные из электродов первого рода. Определение температурной зависимости ЭДС гальванического элемента и расчет на ее основе термодинамических величин химической реакции.	0,5	3	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 3, 4, 8, 9	Составление концентрационного элемента с переносом с использованием электродов первого рода. Составление химической цепи с переносом из электродов первого рода. Измерение ЭДС гальванических элементов. Теоретический расчет ЭДС элементов, сравнение экспериментальных и расчетных величин. Измеряют ЭДС гальванического элемента при комнатной температуре, а также при других температурах после термостатирования ячейки в интервале температур 20-50 град. С. По полученным данным строят кривую зависимости ЭДС от температуры и ее графическим дифференцированием определяют температурный коэффициент ЭДС. Проводят расчет термодинамических характеристик реакции.
4. Определение константы гидролиза. Электролиз водных растворов.	0,5	3	14, 18, 19, 3, 4, 5, 7, 8, 9	Измерение pH растворов различных типов электролитов. Расчет pH растворов электролитов, используя справочные данные. Сравнение полученных значений. Проведение электролиза растворов электролитов. Написание катодных и анодных процессов электролиза для различных типов растворов электролитов. Объяснение наблюдаемых явлений и изменений pH растворов.
Дидактическая единица: Поверхностные явления и адсорбция.				
5. Адсорбция из растворов: изучение адсорбции уксусной кислоты на активированном угле.	1	4	10, 11, 14, 15, 6, 8	Приготовление водных растворов уксусной кислоты различной концентрации, определение концентрации кислоты в растворе методом титрования после добавления к ним активированного угля и фильтрования. Расчет адсорбции. Графическая обработка полученных результатов с применением различных типов изотерм адсорбции.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Химическая термодинамика				
1. Энтальпия, тепловой эффект при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Термохимические уравнения. Расчет теплоты химических реакций с помощью следствий закона Гесса. Расчет тепловых эффектов процессов разбавления растворов. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа.	0,5	2	12, 14, 17, 8	1. Расчет значений тепловых эффектов химических реакций, согласно закону Гесса, с помощью термохимических уравнений и термодинамических циклов. 2. Расчет теплоты химической реакции, согласно трем следствиям закона Гесса, с использованием справочных данных стандартных значений энтальпий образования, энтальпий сгорания и энергий химических связей. 3. Расчет тепловых эффектов процессов разбавления растворов с использованием справочных данных интегральных теплот растворения веществ. 4. Применение закона Кирхгофа для расчета тепловых эффектов при повышенных температурах. 5. Применение стандартных табличных данных средней теплоемкости и температурных рядов теплоемкости для термохимических расчетов.
2. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций.	0,5	2	1, 12, 13, 14, 16	1. Расчет изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах. 2. Расчет значений изменения энтропии химической реакции с использованием абсолютных значений энтропии веществ. 3. Расчет изменения энтропии химической реакции при повышенной температуре с применением стандартных табличных данных.

3. Энергии Гиббса и Гельмгольца. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания химической реакции (химическая переменная). Химическое равновесие.	0,5	2	1, 12, 13, 14, 16, 17, 19	1. Расчет изменения энергии Гиббса и Гельмгольца в отсутствии химических реакций. 2. Расчет химического потенциала. 3. Расчет изменения энергии Гиббса химической реакции с помощью стандартных табличных данных. 4. Выражение условий равновесия через химическую переменную и химические потенциалы реагирующих веществ.
4. Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-Гоффа. Влияние условий протекания на равновесие. методы расчета констант равновесия.	0,5	2	1, 12, 14, 16, 17, 18, 19	1. Решение задач на определение условий химического равновесия. 2. Расчет значений констант равновесия и концентраций веществ в состоянии равновесия и их исходных концентраций. 3. Определение факторов, вызывающих смещение химического равновесия. 4. Расчет констант равновесия из стандартных табличных данных.
Дидактическая единица: Растворы неэлектролитов				
5. Растворы газовые, твердые и жидкие. Различные способы выражения концентрации растворов. Типы растворов. Тепловые, объемные и энтропийные эффекты при растворении. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.	0,5	2	12, 14, 17, 18, 3, 7, 8	1. Пересчет концентраций растворов в различных единицах измерения. 2. Расчет химических потенциалов помощью стандартных значений и концентраций. 3. Расчет или графическое определение парциальных молярных величин для бинарных растворов. 4. Расчет энергии смешения и избыточных функций.

6. Изменение давления насыщенного пара растворителя. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент.	0,5	2	12, 14, 15, 3, 7, 8	1. Использование закона Рауля для расчета концентрации, молекулярной массы и активности растворенного вещества. 2. Расчет растворимости газов с помощью закона Генри. 3. Расчет коэффициента распределения и концентрации вещества в двух граничащих друг с другом фазах. 4. Расчет концентрации, молекулярной массы и осмотического давления по данным криоскопических и эбулиоскопических измерений. 5. Расчет изотонического коэффициента по данным криоскопии
Дидактическая единица: Фазовые равновесия				
7. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	0,5	2	14, 2, 20, 3, 7, 8	1. Расчет равновесного давления паров вещества над жидкой и твердой фазой при различных температурах; построение фазовых диаграмм однокомпонентных систем. 2. Определение вариантности системы с помощью правила фаз Гиббса.
8. Фазовая диаграмма давление-состав и температура-состав в двухкомпонентных системах. Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова.	0,5	2	15, 2, 21, 3, 7, 8	1. Построение фазовых Т-х и р-х диаграмм для легкокипящих двухкомпонентных систем. 2. Расчет количества вещества в сосуществующих фазах двухфазной области с помощью правила рычага.

9. Диаграммы плавкости систем без образований химических соединений. Диаграммы плавкости с нерастворимостью веществ в твердом состоянии, ограниченной растворимостью и полной растворимостью. Диаграммы плавкости систем с образованием химических соединений. Представление диаграмм плавкости трехкомпонентных систем.	0,5	2	17, 2, 22, 3, 7, 8	1. Построение и интерпретация диаграмм плавкости различного типа без образования химических соединений. 2. Нахождение особых точек и температур (эвтектика, эвтектическая температура). 3. Построение диаграмм по кривым охлаждения расплавов различного состава. 4. Расчет концентраций сосуществующих фаз в гетерогенных областях. 5. Построение и интерпретация диаграмм плавкости различного типа с образованием химических соединений. 6. Нахождение особых точек и температур (дистектика, дистектическая точка, перитектика). 7. Определение состава образующегося химического соединения. 8. Построение диаграмм плавкости трехкомпонентных систем.
--	-----	---	--------------------	---

Семестр: 3

Дидактическая единица: Растворы электролитов.

1. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури, ее применение для описания равновесий в растворах электролитов.	0,5	2	12, 14, 16, 17, 18, 19, 3, 7, 8	1. Составление уравнений протолитических равновесий в растворах электролитов. 2. Расчет pH растворов сильных и слабых кислот (оснований), степени диссоциации слабых электролитов. 3. Расчет pH буферных смесей, произведения растворимости труднорастворимых электролитов.
2. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных электролитов.	0,5	2	12, 14, 18, 3, 7, 8	1. Решение задач на нахождение ионной силы для различных валентных типов электролитов. 2. Расчет коэффициентов активности с использованием первого и второго приближений теории Дебая-Хюккеля, уравнений Гюнтельберга и Дэвиса. 3. Расчет коэффициентов активности и активностей в различных концентрационных шкалах.

Дидактическая единица: Неравновесные явления в растворах электролитов.				
3. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша.	0,5	2	1, 12, 13, 14, 15, 18, 3, 5, 7, 8	1. Расчет молярной и эквивалентной концентраций растворов электролитов. 2. Расчет удельной и молярной (эквивалентной) электропроводности растворов. 3. Работа со справочными данными о подвижностях ионов. 4. Расчет эквивалентной электропроводности растворов по закону Кольрауша.
4. Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	0,5	2	1, 12, 13, 14, 15, 18, 3, 5, 7, 8	1. Расчет предельной эквивалентной электропроводности растворов сильных электролитов. 2. Расчет константы диссоциации бинарного слабого электролита с использованием значений молярной электропроводности. 3. Расчет степени диссоциации по результатам кондуктометрических измерений. 4. Расчет растворимости и произведения растворимости труднорастворимого соединения по данным кондуктометрии.
Дидактическая единица: Равновесие электрохимических процессов.				
5. Классификация электродов. Стандартные электродные потенциалы. Правило Лютера. Возможность протекания окислительно-восстановительных реакций.	0,5	2	12, 14, 16, 18, 3, 4, 7, 8, 9	1. Запись уравнений Нернста для электродов первого и второго рода. 2. Работа с таблицами стандартных электродных потенциалов. 3. Расчет потенциала электрода в нестандартных условиях. 4. Расчет потенциала электрода по правилу Лютера. 5. Определение возможности протекания окислительно-восстановительных реакций, используя справочные данные о стандартных электродных потенциалах.

6. Концентрационные и химические цепи.	0,75	2	1, 13, 14, 16, 17, 18, 3, 4, 7, 8, 9	1. Составление концентрационных цепей из электродов первого рода и газовых электродов. Расчет ЭДС. 2. Расчет ЭДС концентрационных цепей с учетом диффузионного потенциала и без него. 3. Расчет ЭДС химических цепей с учетом диффузионного потенциала и без него.
7. Применение метода ЭДС. Потенциометрия.	0,5	2	12, 14, 16, 17, 18, 3, 4, 7, 8, 9	1. Расчет термодинамических характеристик химических реакций на основании потенциометрических измерений. 2. Расчет констант равновесия различных процессов. 3. Прецизионное определение стандартного значения ЭДС цепи и средних коэффициентов активности электролита различной концентрации. 4. Составление цепей из индикаторного электрода и электрода сравнения, использование цепей для определения pH раствора.
8. Процессы электролиза.	0,75	2	16, 19, 3, 4, 5, 8, 9	1. Написание уравнений процессов электролиза расплавов и растворов различных типов электролитов. 2. Решение задач с использованием законов Фарадея. 3. Решение задач на определение возможности коррозии при различных условиях.
Дидактическая единица: Поверхностные явления и адсорбция.				

9. Поверхностные явления и адсорбция.	0,5	2	10, 11, 12, 13, 14, 17, 6	1. Решение задач с использованием уравнения Шишковского. 2. Определение адсорбции и поверхностной активности. 3. Вычисление площади и длины адсорбированных молекул. 4. Описание процессов адсорбции с использованием изотермы Фрейндлиха, Генри, Ленгмюра и БЭТ. 5. Расчет констант адсорбции. 6. Нахождение теплоты сорбции.
---------------------------------------	-----	---	---------------------------	---

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	1, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 6, 7	5	4
, подробная информация приведена в приложениях №3 №8 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 2, 20, 21, 22, 6, 7	45	10
, подробная информация приведена в приложениях №8 №9 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.				

3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 2, 20, 21, 22, 6, 7	20	4
, подробная информация приведена в приложениях №2 №8 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.				
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	15, 16, 18, 3, 4, 5, 8, 9	5	2
, подробная информация приведена в приложениях №11 №5 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.				
2	РГЗ	3, 8	10	4
, подробная информация приведена в приложении №6 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Физическая химия. Сборник лабораторных работ и домашних заданий. Ч. 2 : для студентов ЭМФ, МТФ 2-3 курсов дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [подгот.: В. Н. Паутов, В. К. Варенцов, Б. Д. Жуков]. - Новосибирск, 2002. - 91 с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000023476 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к занятиям	13, 15, 18, 3, 4, 5, 8, 9	77	10

, подробная информация приведена в приложении №9 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.

4	Подготовка к аттестации	15, 18, 3, 4, 5, 8, 9	30	4
---	-------------------------	-----------------------	----	---

, подробная информация приведена в приложениях №11 №4 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287 Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Обсуждение в дискуссионной форме полученных экспериментальных результатов и их интерпретация. Обсуждение применяемых теоретических основ и законов для решения задач и обработки экспериментальных данных.	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	10	30
Контролирующие материалы (Многовариантные задания) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана."		
<i>Лабораторная:</i>	15	30
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана."		
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
Контролирующие материалы (Задачи) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана."		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы (Задачи список вопросов) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 "		
Семестр: 3		
<i>Лабораторная:</i>	15	30
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана."		
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
Контролирующие материалы (Задачи) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 "		
<i>РГЗ:</i>	5	10
Контролирующие материалы (Индивидуальные расчетные задания.) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 "		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (Задачи список вопросов) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля				
		Защита ЛР	Контр. раб.	Защита РГЗ	Зачет	Экзамен
ОПК.1	34. знать методы термодинамического описания химических, фазовых равновесий и равновесий в растворах электролитов	+	+	+	+	+
ОПК.2	34. знать основы химической термодинамики и электрохимии; теорию и термодинамику растворов и электрохимических процессов	+	+	+	+	+
ПК.16	у11. уметь рассчитывать физические константы и характеристики химических процессов	+	+	+	+	+

ПК.19	у7. уметь проводить термодинамическое описание химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах	+	+	+	+	+
--------------	---	---	---	---	---	---

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Еремин В. В. Основы общей и физической химии : [учебное пособие для вузов по дисциплине "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200] / В. В. Еремин, А. Я. Борщевский. - Долгопрудный, 2012. - 847 с. : ил., табл.
2. Дамаскин Б. Б. Электрохимия : учебник по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - М., 2008. - 669, [1] с. : ил., табл.
3. Борщевский А.Я. Физическая химия. Том 1. Общая и химическая термодинамика : учебник / А.Я. Борщевский. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 606 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/19870. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=543133> - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Жуков Б. Д. Физическая химия : краткий курс : [учебное пособие] / Б. Д. Жуков. - Новосибирск, 2010. - 351 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/2010_zukov.pdf
2. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287
2. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.
3. Физическая химия. Ч. 1 : сборник лабораторных работ и домашних заданий для ЭМФ, МТФ 2-3 курсов дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Паутов и др.]. - Новосибирск, 2001. - 80 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2001/pay.rar>

4. Физическая химия. Сборник лабораторных работ и домашних заданий. Ч. 2 : для студентов ЭМФ, МТФ 2-3 курсов дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [подгот.: В. Н. Паутов, В. К. Варенцов, Б. Д. Жуков]. - Новосибирск, 2002. - 91 с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000023476
5. Каменская А. В. Физическая химия в микроэлектронной технологии : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 82, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kamen.rar>
6. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Office
- 2 MathType
- 3 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Применяется для демонстрации лекционного материала.

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Кондуктометр МУЛЬТИТЕСТ КСЛ-101	Используется для измерения удельной электропроводности растворов при выполнении лабораторных работ.
2	колбонагреватель	Используется для нагревания смеси жидкостей в процессе перегонки при выполнении лабораторных работ.
3	термостат	Используется для термостатирования изучаемых систем при выполнении лабораторных работ.
4	Анализатор кондуктометрический Мультитест КСЛ-101	Используется для измерения удельной электропроводности растворов при выполнении лабораторных работ.
5	Мешалка магнитная ПЭ-6100М без подогрева	Используется для перемешивания растворов при выполнении лабораторных работ.
6	Вольтметр С-ДМ-8135	Используется для измерения ЭДС гальванических элементов.
7	РН-метр рН-150МИ	Измерение рН растворов при выполнении лабораторных работ.
8	Баня водяная лабораторная ПЭ-4312	Используется для нагревания растворов до нужной температуры при выполнении лабораторных работ.

9	Анализатор вольтамперометрический ВА-03	Используется для измерения ЭДС гальванических элементов.
---	--	---

Новосибирск 2017

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Таблица 1.

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	34. знать методы термодинамического описания химических, фазовых равновесий и равновесий в растворах электролитов	Энтропия как приведенная теплота и мера беспорядка. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса для самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций. Энергия Гиббса как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном давлении и температуре. Энергия Гельмгольца как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном объеме и температуре. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания химической реакции.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (12–17, 18–20, 24, 25). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 2.	Зачет (тест, вопросы 4–6).
		Электрохимия. Особенности электрохимических процессов. Электрохимические цепи. Гальванические элементы. Правила схематической записи электродов и цепей. Электрохимический потенциал. Условия электрохимического равновесия. Вывод уравнения Нернста. Расчет ЭДС гальванического элемента. Понятие электродного	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (26–30, 41). Контрольная работа № 2 (задание 3).	Экзамен (тест, вопросы 9–10).

потенциала. Правило Лютера. Диаграммы Латимера. Диаграммы Фроста. Диаграммы Пурбе.		
Энтальпия, ее физический смысл. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние вещества. стандартные энтальпии физических процессов. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии химических реакций. Стандартные энтальпии образования и сгорания. Интегральные и дифференциальные энтальпии растворения. Расчет теплоты химических реакций с помощью стандартных энтальпий образования, энтальпии сгорания, средних энергий химической связи, термодинамических циклов. Расчет энергии кристаллической решетки и теплоты растворения. Изобарная теплоемкость. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа. Использование стандартных табличных данных для расчета тепловых эффектов при заданной температуре.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (4–11). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 1.	Зачет (тест, вопрос 1–3).
Термодинамика растворов электролитов. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энтальпия и энтропия сольватации. Уравнение Борна. Диполь-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Водородная связь молекул воды. Химический потенциал и активность соли в растворе. Шкалы активностей и коэффициентов активности.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (11–17). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
Растворы газовые, твердые и жидкие. Растворимость газов и твердых тел. Концентрация растворов молярная, эквивалентная, массовая, моляльная, молярная; массовые доли и процентная концентрация, титр раствора. Растворы электролитов и неэлектролитов. Растворы идеальные и предельно разбавленные, регулярные и атермальные. Тепловые, объемные и энтропийные	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (30–33). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 9–10).

эффекты для данных видов растворов. Парциальные молярные величины, методы расчета их значений. Химические потенциалы и их стандартные значения. Энергия Гиббса смешения компонентов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.		
Раствор нелетучего вещества в летучем растворителе. Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Экстракция. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. Криоскопическая и эбулиоскопическая постоянные. Коэффициент активности, расчет его значения по изменению давления пара и температуры замерзания. Осмос, осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (34–40). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 10).
Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии. Теорема Вульфа. Метод избытков Гиббса. Адсорбция на поверхности жидкости не растворяющегося в ней газа. Адсорбция на поверхности жидкости растворенного в ней вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Смачивание. Капиллярные явления. Формула Томсона, старение осадков. Нуклеация и зародышеобразование.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (53–55). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 15).
Основные законы и уравнения диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от температуры. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Значения коэффициента диффузии в различных средах. Взаимосвязь между коэффициентом диффузии и вязкостью в жидкостях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Диффузионный	РГЗ (задание 1).	

потенциал. Расчет диффузионного потенциала. Уравнение Гендерсона и Льюиса-Саржента.		
Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Первое (предельный закон), второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Уравнения Гюнтельберга и Дэвиса. Ионная сила растворов. Зависимость коэффициента активности от ионной силы. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (10–23) Контрольная работа № 2 (задание 1). РГЗ (задание 1–3).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
Законы электролиза (законы Фарадея). Отклонения от законов Фарадея. Электрохимический эквивалент. Кулонометры. Общие закономерности электродных процессов при электролизе. Электролиз расплавов. Электролиз растворов. Область окислительно-восстановительной устойчивости воды. Диаграмма Пурбе для воды. Применение электролиза, электродиализ.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (43–46).	Экзамен (тест, вопрос 13).
Адсорбция: основные понятия и определения. Типы адсорбции. Методы описание адсорбции. Изотерма адсорбции Генри. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Изотерма адсорбции БЭТ. Краткие сведения о пористых адсорбентах. Активированные угли. Нанотрубочные материалы. Фуллерены. Силикагели. Активный оксид алюминия. Алумосиликаты. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (56–60). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 14).
Амфолиты. Гидролиз, константа гидролиза, степень гидролиза. Буферные растворы, механизм их действия. Вывод уравнения Гендерсона. Буферная емкость.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (7–9).	Экзамен (тест, вопрос 3).
Коррозия: типы, количественные характеристики. Химическая коррозия. Электрохимическая коррозия. Классификация металлов по коррозионной стойкости. Способы защиты от коррозии. Определение	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (48–53).	

возможности коррозии с помощью диаграммы Пурбе.		
Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Фазовая диаграмма давление-состав и температура состав (диаграммы кипения). Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова. Дистилляция. Азеотропы.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (44–46). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 5.	Зачет (тест, вопрос 12, 13).
Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Ионоселективные электроды. аморфные твердые электролиты. Стекланный электрод. Строение различных типов стекланных электродов. Зависимость потенциала стеклнного электрода от активности ионов водорода. Измерение pH раствора с помощью стеклнного электрода	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (36). Контрольная работа № 2 (задание 4).	
Растворы электролитов. Механизмы образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации, сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабых электролитов. Изотонический коэффициент для неидеальных растворов, зависимость его от степени диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (1–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Общая характеристика электрохимических процессов. Электрохимические источники тока. Характеристики электрохимической батареи. Первичные источники тока: щелочные и литиевые батареи. Аккумуляторы. Принцип работы свинцового аккумулятора. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Принцип работы водородно-кислородного топливного элемента. Электрохимические реакции, происходящие под действием внешнего напряжения.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (25, 47). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4)	Экзамен (тест, вопрос 11–13).
Классификация электродов. Электроды первого, второго и третьего рода. Простые и сложные окислительно-восстановительные системы. Газовые электроды. Классификация электрохимических цепей. физические цепи. Концентрационные цепи с	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (31–35, 37–40). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4).	Экзамен (тест, вопрос 9–11).

переносом и без переноса. Химические цепи с переносом и без переноса. Термодинамика электрохимических цепей.		
Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23). Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кислотно-основные равновесия. Диссоциация воды, ионное произведение воды, рН и рОН. Равновесия в растворах комплексных соединений. Гетерогенные ионные равновесия. Сильные и слабые кислоты (основания).	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (4–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Агрегатные состояния вещества. Стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монокотропные и энантиотропные. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (41–43). Контрольная работа № 1 (задание 4). Индив. задание 4.	Зачет (тест, вопрос 11).
Применение метода ЭДС. Потенциометрия. Определение термодинамических функций, определение констант равновесия потенциалообразующей химической реакции в элементе, константы устойчивости (образования) комплекса, произведения растворимости, стандартных энергий Гиббса образования ионов, чисел переноса, определение рН растворов, составление диаграмм Пурбе.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (42). Контрольная работа № 2 (задание 4).	Экзамен (тест, вопрос 12).
Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами, взаимосвязь между ними. Термическая диссоциация, степень термической диссоциации, расчет равновесного состава смеси газов. Изобара и изохора химической реакции. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-Гоффа. Влияние общего	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (22, 23, 26–29). Контрольная работа (задание 2). Индив. задание 3.	Зачет (тест, вопрос 6–8).

	давления, парциального давления и примесей посторонних инертных газов на равновесие. Методы расчета констант равновесия из табличных данных.		
	Диаграммы плавкости двух твердых веществ без образования химических соединений. Кривые охлаждения и построение диаграмм плавкости. Ректификация веществ методом зонной плавки. Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с полной или ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, а также полной нерастворимостью в твердом состоянии. Эвтектическая температура. Использование правила рычага для расчета состава твердой и жидкой фаз. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем с образование химических соединений. Дистектическая и перитектические температуры. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (47–50). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 6.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
	Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Поток диффузии и миграции. Измерение электропроводности растворов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Подвижность и числа переноса анионов и катионов. Эффекты вина и Дебая-Фалькенгагена.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23) Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
	Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Основные окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса. Метод полуреакций.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (24). Контрольная работа № 2 (задание 3).	
	Введение. Термодинамические системы, состояние систем, процессы. Свойства идеальных газов. Стандартные и нормальные условия проведения опытов. Нулевой закон	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (1–3). Контрольная работа № 1 (задание 1).	Зачет (тест, вопрос 3).

		термодинамики. Работа, теплота, энергия. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Работа, совершаемая при обратимом изобарном и изотермическом расширении. Изменение внутренней энергии при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме (изохорная теплоемкость). Теплоемкость истинная, молярная, удельная, средняя. Методы оценки теплоемкости.		
ОПК.2 готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	34. знать основы химической термодинамики и электрохимии; теорию и термодинамику растворов и электрохимических процессов	Энтропия как приведенная теплота и мера беспорядка. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса для самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций. Энергия Гиббса как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном давлении и температуре. Энергия Гельмгольца как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном объеме и температуре. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания химической реакции.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (12–17, 18–20, 24, 25). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 2.	Зачет (тест, вопрос 4, 5).
		Электрохимия. Особенности электрохимических процессов. Электрохимические цепи. Гальванические элементы. Правила схематической записи электродов и цепей. Электрохимический потенциал. Условия электрохимического	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (26–30, 41). Контрольная работа № 2 (задание 3).	Экзамен (тест, вопрос 9–13).

	равновесия. Вывод уравнения Нернста. Расчет ЭДС гальванического элемента. Понятие электродного потенциала. Правило Лютера. Диаграммы Латимера. Диаграммы Фроста. Диаграммы Пурбе.		
	Энтальпия, ее физический смысл. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние вещества. стандартные энтальпии физических процессов. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии химических реакций. Стандартные энтальпии образования и сгорания. Интегральные и дифференциальные энтальпии растворения. Расчет теплоты химических реакций с помощью стандартных энтальпий образования, энтальпии сгорания, средних энергий химической связи, термодинамических циклов. Расчет энергии кристаллической решетки и теплоты растворения. Изобарная теплоемкость. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа. Использование стандартных табличных данных для расчета тепловых эффектов при заданной температуре.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (4–11). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 1.	Зачет (тест, вопрос 1–3).
	Термодинамика растворов электролитов. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энтальпия и энтропия сольватации. Уравнение Борна. Диполь-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Водородная связь молекул воды. Химический потенциал и активность соли в растворе. Шкалы активностей и коэффициентов активности.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (11–17). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
	Растворы газовые, твердые и жидкие. Растворимость газов и твердых тел. Концентрация растворов молярная, эквивалентная, массовая, моляльная, молярная; массовые доли и процентная концентрация, титр раствора. Растворы электролитов и неэлектролитов. Растворы	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (30–33). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 9).

	идеальные и предельно разбавленные, регулярные и атермальные. Тепловые, объемные и энтропийные эффекты для данных видов растворов. Парциальные молярные величины, методы расчета их значений. Химические потенциалы и их стандартные значения. Энергия Гиббса смешения компонентов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.		
	Раствор нелетучего вещества в летучем растворителе. Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Экстракция. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. Криоскопическая и эбулиоскопическая постоянные. Коэффициент активности, расчет его значения по изменению давления пара и температуры замерзания. Осмос, осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (34–40). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 10).
	Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии. Теорема Вульфа. Метод избытков Гиббса. Адсорбция на поверхности жидкости не растворяющегося в ней газа. Адсорбция на поверхности жидкости растворенного в ней вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Смачивание. Капиллярные явления. Формула Томсона, старение осадков. Нуклеация и зародышеобразование.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (53–55). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 15).
	Основные законы и уравнения диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от температуры. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Значения коэффициента диффузии в различных средах. Взаимосвязь между	РГЗ (задание 1).	

коэффициентом диффузии и вязкостью в жидкостях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Расчет диффузионного потенциала. Уравнение Гендерсона и Льюиса-Саржента.		
Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Первое (предельный закон), второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Уравнения Гюнтельберга и Дэвиса. Ионная сила растворов. Зависимость коэффициента активности от ионной силы. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (10–23) Контрольная работа № 2 (задание 1). РГЗ (задание 1–3).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
Законы электролиза (законы Фарадея). Отклонения от законов Фарадея. Электрохимический эквивалент. Кулонометры. Общие закономерности электродных процессов при электролизе. Электролиз расплавов. Электролиз растворов. Область окислительно-восстановительной устойчивости воды. Диаграмма Пурбе для воды. Применение электролиза, электродиализ.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (43–46).	Экзамен (тест, вопрос 13).
Адсорбция: основные понятия и определения. Типы адсорбции. Методы описание адсорбции. Изотерма адсорбции Генри. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Изотерма адсорбции БЭТ. Краткие сведения о пористых адсорбентах. Активированные угли. Нанотрубочки. Фуллерены. Силикагели. Активный оксид алюминия. Алумосиликаты. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (56–60). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 14).
Амфолиты. Гидролиз, константа гидролиза, степень гидролиза. Буферные растворы, механизм их действия. Вывод уравнения Гендерсона. Буферная емкость.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (7–9).	Экзамен (тест, вопрос 3).
Коррозия: типы, количественные характеристики. Химическая коррозия. Электрохимическая	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (48–53).	

коррозия. Классификация металлов по коррозионной стойкости. Способы защиты от коррозии. Определение возможности коррозии с помощью диаграммы Пурбе.		
Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Фазовая диаграмма давление-состав и температура состав (диаграммы кипения). Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова. Дистилляция. Азеотропы.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (44–46). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 5.	Зачет (тест, вопрос 13, 14).
Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Ионоселективные электроды. аморфные твердые электролиты. Стеклоанный электрод. Строение различных типов стекланных электродов. Зависимость потенциала стеклнного электрода от активности ионов водорода. Измерение pH раствора с помощью стеклнного электрода	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (36). Контрольная работа № 2 (задание 4).	
Растворы электролитов. Механизмы образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации, сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабых электролитов. Изотонический коэффициент для неидеальных растворов, зависимость его от степени диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (1–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Общая характеристика электрохимических процессов. Электрохимические источники тока. Характеристики электрохимической батареи. Первичные источники тока: щелочные и литиевые батареи. Аккумуляторы. Принцип работы свинцового аккумулятора. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Принцип работы водородно-кислородного топливного элемента. Электрохимические реакции, происходящие под действием внешнего напряжения.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (25, 47). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4)	Экзамен (тест, вопрос 11–13).
Классификация электродов. Электроды первого, второго и третьего рода. Простые и сложные окислительно-восстановительные системы. Газовые электроды. Классификация электрохимических цепей.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (31–35, 37–40). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4).	Экзамен (тест, вопрос 9–12).

физические цепи. Концентрационные цепи с переносом и без переноса. Химические цепи с переносом и без переноса. Термодинамика электрохимических цепей.		
Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23). Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кислотно-основные равновесия. Диссоциация воды, ионное произведение воды, pH и pOH. Равновесия в растворах комплексных соединений. Гетерогенные ионные равновесия. Сильные и слабые кислоты (основания).	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (4–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Агрегатные состояния вещества. Стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монокотропные и энантиотропные. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (41–43). Контрольная работа № 1 (задание 4). Индив. задание 4.	Зачет (тест, вопрос 11).
Применение метода ЭДС. Потенциометрия. Определение термодинамических функций, определение констант равновесия потенциалообразующей химической реакции в элементе, константы устойчивости (образования) комплекса, произведения растворимости, стандартных энергий Гиббса образования ионов, чисел переноса, определение pH растворов, составление диаграмм Пурбе.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (42). Контрольная работа № 2 (задание 4).	Экзамен (тест, вопрос 12).
Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами, взаимосвязь между ними. Термическая диссоциация, степень термической диссоциации, расчет равновесного состава смеси газов. Изобара и изохора химической реакции. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (22, 23, 26–29). Контрольная работа (задание 2). Индив. задание 3.	Зачет (тест, вопрос 6–8).

	Гоффа. Влияние общего давления, парциального давления и примесей посторонних инертных газов на равновесие. Методы расчета констант равновесия из табличных данных.		
	Диаграммы плавкости двух твердых веществ без образования химических соединений. Кривые охлаждения и построение диаграмм плавкости. Ректификация веществ методом зонной плавки. Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с полной или ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, а также полной нерастворимостью в твердом состоянии. Эвтектическая температура. Использование правила рычага для расчета состава твердой и жидкой фаз. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем с образование химических соединений. Дистектическая и перитектические температуры. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (47–50). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 6.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
	Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Поток диффузии и миграции. Измерение электропроводности растворов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Подвижность и числа переноса анионов и катионов. Эффекты вина и Дебая-Фалькенгагена.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23) Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
	Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Основные окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса. Метод полуреакций.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (24). Контрольная работа № 2 (задание 3).	
	Введение. Термодинамические системы, состояние систем, процессы. Свойства идеальных газов. Стандартные и нормальные условия проведения опытов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (1–3). Контрольная работа № 1	Зачет (тест, вопрос 1–3).

		Нулевой закон термодинамики. Работа, теплота, энергия. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Работа, совершаемая при обратимом изобарном и изотермическом расширении. Изменение внутренней энергии при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме (изохорная теплоемкость). Теплоемкость истинная, молярная, удельная, средняя. Методы оценки теплоемкости.	(задание 1).	
ПК.16/НИ способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	у11. уметь рассчитывать физические константы и характеристики химических процессов	Энтропия как приведенная теплота и мера беспорядка. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса для самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций. Энергия Гиббса как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном давлении и температуре. Энергия Гельмгольца как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном объеме и температуре. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания химической реакции.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (12–17, 18–20, 24, 25). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 2.	Экзамен (тест, вопрос 4, 5).
		Электрохимия. Особенности электрохимических процессов. Электрохимические цепи. Гальванические элементы. Правила схематической записи электродов и цепей. Электрохимический потенциал. Условия	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (26–30, 41). Контрольная работа № 2 (задание 3).	Экзамен (тест, вопрос 9–13).

электрохимического равновесия. Вывод уравнения Нернста. Расчет ЭДС гальванического элемента. Понятие электродного потенциала. Правило Лютера. Диаграммы Латимера. Диаграммы Фроста. Диаграммы Пурбе.		
Энтальпия, ее физический смысл. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние вещества. стандартные энтальпии физических процессов. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии химических реакций. Стандартные энтальпии образования и сгорания. Интегральные и дифференциальные энтальпии растворения. Расчет теплоты химических реакций с помощью стандартных энтальпий образования, энтальпии сгорания, средних энергий химической связи, термодинамических циклов. Расчет энергии кристаллической решетки и теплоты растворения. Изобарная теплоемкость. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа. Использование стандартных табличных данных для расчета тепловых эффектов при заданной температуре.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (4–11). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 1.	Зачет (тест, вопрос 1–3).
Термодинамика растворов электролитов. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энтальпия и энтропия сольватации. Уравнение Борна. Диполь-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Водородная связь молекул воды. Химический потенциал и активность соли в растворе. Шкалы активностей и коэффициентов активности.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (11–17). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
Растворы газовые, твердые и жидкие. Растворимость газов и твердых тел. Концентрация растворов молярная, эквивалентная, массовая, моляльная, молярная; массовые доли и процентная концентрация, титр раствора. Растворы электролитов и неэлектролитов. Растворы	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (30–33). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 9).

	идеальные и предельно разбавленные, регулярные и атермальные. Тепловые, объемные и энтропийные эффекты для данных видов растворов. Парциальные молярные величины, методы расчета их значений. Химические потенциалы и их стандартные значения. Энергия Гиббса смешения компонентов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.		
	Раствор нелетучего вещества в летучем растворителе. Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Экстракция. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. Криоскопическая и эбулиоскопическая постоянные. Коэффициент активности, расчет его значения по изменению давления пара и температуры замерзания. Осмос, осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (34–40). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 10).
	Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии. Теорема Вульфа. Метод избытков Гиббса. Адсорбция на поверхности жидкости не растворяющегося в ней газа. Адсорбция на поверхности жидкости растворенного в ней вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Смачивание. Капиллярные явления. Формула Томсона, старение осадков. Нуклеация и зародышеобразование.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (53–55). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 15).
	Основные законы и уравнения диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от температуры. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Значения коэффициента диффузии в различных средах. Взаимосвязь между	РГЗ (задание 1).	

коэффициентом диффузии и вязкостью в жидкостях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Расчет диффузионного потенциала. Уравнение Гендерсона и Льюиса-Саржента.		
Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Первое (предельный закон), второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Уравнения Гюнтельберга и Дэвиса. Ионная сила растворов. Зависимость коэффициента активности от ионной силы. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (10–23) Контрольная работа № 2 (задание 1). РГЗ (задание 1–3).	Экзамен (тест, вопрос 7–8).
Законы электролиза (законы Фарадея). Отклонения от законов Фарадея. Электрохимический эквивалент. Кулонометры. Общие закономерности электродных процессов при электролизе. Электролиз расплавов. Электролиз растворов. Область окислительно-восстановительной устойчивости воды. Диаграмма Пурбе для воды. Применение электролиза, электродиализ.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (43–46).	Экзамен (тест, вопрос 13).
Адсорбция: основные понятия и определения. Типы адсорбции. Методы описание адсорбции. Изотерма адсорбции Генри. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Изотерма адсорбции БЭТ. Краткие сведения о пористых адсорбентах. Активированные угли. Нанотрубочки. Фуллерены. Силикагели. Активный оксид алюминия. Алумосиликаты. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (56–60). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 14).
Амфолиты. Гидролиз, константа гидролиза, степень гидролиза. Буферные растворы, механизм их действия. Вывод уравнения Гендерсона. Буферная емкость.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (7–9).	Экзамен (тест, вопрос 3).
Коррозия: типы, количественные характеристики. Химическая коррозия. Электрохимическая	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (48–53).	

коррозия. Классификация металлов по коррозионной стойкости. Способы защиты от коррозии. Определение возможности коррозии с помощью диаграммы Пурбе.		
Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Фазовая диаграмма давление-состав и температура состав (диаграммы кипения). Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова. Дистилляция. Азеотропы.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (44–46). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 5.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Ионоселективные электроды. аморфные твердые электролиты. Стеклоанный электрод. Строение различных типов стекланных электродов. Зависимость потенциала стеклнного электрода от активности ионов водорода. Измерение pH раствора с помощью стеклнного электрода	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (36). Контрольная работа № 2 (задание 4).	
Растворы электролитов. Механизмы образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации, сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабых электролитов. Изотонический коэффициент для неидеальных растворов, зависимость его от степени диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (1–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Общая характеристика электрохимических процессов. Электрохимические источники тока. Характеристики электрохимической батареи. Первичные источники тока: щелочные и литиевые батареи. Аккумуляторы. Принцип работы свинцового аккумулятора. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Принцип работы водородно-кислородного топливного элемента. Электрохимические реакции, происходящие под действием внешнего напряжения.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (25, 47). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4)	Экзамен (тест, вопрос 11–13).
Классификация электродов. Электроды первого, второго и третьего рода. Простые и сложные окислительно-восстановительные системы. Газовые электроды. Классификация электрохимических цепей.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (31–35, 37–40). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4).	Экзамен (тест, вопрос 9–12).

физические цепи. Концентрационные цепи с переносом и без переноса. Химические цепи с переносом и без переноса. Термодинамика электрохимических цепей.		
Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23). Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7–8).
Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кислотно-основные равновесия. Диссоциация воды, ионное произведение воды, pH и pOH. Равновесия в растворах комплексных соединений. Гетерогенные ионные равновесия. Сильные и слабые кислоты (основания).	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (4–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Агрегатные состояния вещества. Стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монокотропные и энантиотропные. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (41–43). Контрольная работа № 1 (задание 4). Индив. задание 4.	Зачет (тест, вопрос 11).
Применение метода ЭДС. Потенциометрия. Определение термодинамических функций, определение констант равновесия потенциалообразующей химической реакции в элементе, константы устойчивости (образования) комплекса, произведения растворимости, стандартных энергий Гиббса образования ионов, чисел переноса, определение pH растворов, составление диаграмм Пурбе.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (42). Контрольная работа № 2 (задание 4).	Экзамен (тест, вопрос 12).
Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами, взаимосвязь между ними. Термическая диссоциация, степень термической диссоциации, расчет равновесного состава смеси газов. Изобара и изохора химической реакции. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (22, 23, 26–29). Контрольная работа (задание 2). Индив. задание 3.	Зачет (тест, вопрос 6–8).

	Гоффа. Влияние общего давления, парциального давления и примесей посторонних инертных газов на равновесие. Методы расчета констант равновесия из табличных данных.		
	Диаграммы плавкости двух твердых веществ без образования химических соединений. Кривые охлаждения и построение диаграмм плавкости. Ректификация веществ методом зонной плавки. Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с полной или ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, а также полной нерастворимостью в твердом состоянии. Эвтектическая температура. Использование правила рычага для расчета состава твердой и жидкой фаз. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем с образование химических соединений. Дистектическая и перитектические температуры. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (47–50). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 6.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
	Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Поток диффузии и миграции. Измерение электропроводности растворов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Подвижность и числа переноса анионов и катионов. Эффекты вина и Дебая-Фалькенгагена.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23) Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
	Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Основные окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса. Метод полуреакций.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (24). Контрольная работа № 2 (задание 3).	
	Введение. Термодинамические системы, состояние систем, процессы. Свойства идеальных газов. Стандартные и нормальные условия проведения опытов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (1–3). Контрольная работа № 1	Зачет (тест, вопрос 1–3).

		Нулевой закон термодинамики. Работа, теплота, энергия. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Работа, совершаемая при обратимом изобарном и изотермическом расширении. Изменение внутренней энергии при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме (изохорная теплоемкость). Теплоемкость истинная, молярная, удельная, средняя. Методы оценки теплоемкости.	(задание 1).	
ПК.19/НИ готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	у7. уметь проводить термодинамическое описание химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах	Энтропия как приведенная теплота и мера беспорядка. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Изменение энтропии в обратимых процессах: при расширении идеального газа, нагревании вещества, фазовых переходах. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса для самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса и термодинамического равновесия. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Стандартные энтропии веществ. Расчет стандартных энтропий химических реакций. Энергия Гиббса как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном давлении и температуре. Энергия Гельмгольца как мера максимальной полезной работы химической реакции при постоянном объеме и температуре. Изменение энергии Гиббса и Гельмгольца в процессах без протекания химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Активность, фугитивность. Изменение энергии Гиббса при химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции. Степень протекания химической реакции.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (12–17, 18–20, 24, 25). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 2.	Зачет (тест, вопрос 4, 5).
		Электрохимия. Особенности электрохимических процессов. Электрохимические цепи. Гальванические элементы. Правила схематической записи электродов и цепей. Электрохимический потенциал. Условия	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (26–30, 41). Контрольная работа № 2 (задание 3).	Экзамен (тест, вопрос 9-13).

электрохимического равновесия. Вывод уравнения Нернста. Расчет ЭДС гальванического элемента. Понятие электродного потенциала. Правило Лютера. Диаграммы Латимера. Диаграммы Фроста. Диаграммы Пурбе.		
Энтальпия, ее физический смысл. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении или объеме. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние вещества. стандартные энтальпии физических процессов. Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии химических реакций. Стандартные энтальпии образования и сгорания. Интегральные и дифференциальные энтальпии растворения. Расчет теплоты химических реакций с помощью стандартных энтальпий образования, энтальпии сгорания, средних энергий химической связи, термодинамических циклов. Расчет энергии кристаллической решетки и теплоты растворения. Изобарная теплоемкость. Температурная зависимость энтальпии химической реакции. Закон Кирхгофа. Использование стандартных табличных данных для расчета тепловых эффектов при заданной температуре.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (4–11). Контрольная работа № 1 (задание 1). Индив. задание 1.	Зачет (тест, вопрос 1–3).
Термодинамика растворов электролитов. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Энергия кристаллической решетки. Энтальпия и энтропия сольватации. Уравнение Борна. Диполь-дипольные взаимодействия в растворах электролитов. Водородная связь молекул воды. Химический потенциал и активность соли в растворе. Шкалы активностей и коэффициентов активности.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (11–17). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2).	Экзамен (тест, вопрос 4–6).
Растворы газовые, твердые и жидкие. Растворимость газов и твердых тел. Концентрация растворов молярная, эквивалентная, массовая, моляльная, молярная; массовые доли и процентная концентрация, титр раствора. Растворы электролитов и	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (30–33). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 9).

	неэлектролитов. Растворы идеальные и предельно разбавленные, регулярные и атермальные. Тепловые, объемные и энтропийные эффекты для данных видов растворов. Парциальные молярные величины, методы расчета их значений. Химические потенциалы и их стандартные значения. Энергия Гиббса смешения компонентов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Избыточные функции.		
	Раствор нелетучего вещества в летучем растворителе. Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором. Закон Рауля. Растворимость газов. Закон Генри. Распределение вещества между фазами. Экстракция. Коэффициент распределения. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания и температуры кипения раствора. Криоскопическая и эбулиоскопическая постоянные. Коэффициент активности, расчет его значения по изменению давления пара и температуры замерзания. Осмос, осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа для осмотического давления. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (34–40). Контрольная работа № 1 (задание 3).	Зачет (тест, вопрос 10).
	Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии. Теорема Вульфа. Метод избытков Гиббса. Адсорбция на поверхности жидкости не растворяющегося в ней газа. Адсорбция на поверхности жидкости растворенного в ней вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Смачивание. Капиллярные явления. Формула Томсона, старение осадков. Нуклеация и зародышеобразование.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (53–55). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 15).
	Основные законы и уравнения диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от температуры. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Значения коэффициента диффузии в различных средах.	РГЗ (задание 1).	

	Взаимосвязь между коэффициентом диффузии и вязкостью в жидкостях. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Расчет диффузионного потенциала. Уравнение Гендерсона и Льюиса-Саржента.		
	Ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Первое (предельный закон), второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Уравнения Гюнтельберга и Дэвиса. Ионная сила растворов. Зависимость коэффициента активности от ионной силы. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (10–23) Контрольная работа № 2 (задание 1). РГЗ (задание 1–3).	Экзамен (тест, вопрос 4, 5).
	Законы электролиза (законы Фарадея). Отклонения от законов Фарадея. Электрохимический эквивалент. Кулонометры. Общие закономерности электродных процессов при электролизе. Электролиз расплавов. Электролиз растворов. Область окислительно-восстановительной устойчивости воды. Диаграмма Пурбе для воды. Применение электролиза, электродиализ.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (43–46).	Экзамен (тест, вопрос 13).
	Адсорбция: основные понятия и определения. Типы адсорбции. Методы описание адсорбции. Изотерма адсорбции Генри. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Изотерма адсорбции БЭТ. Краткие сведения о пористых адсорбентах. Активированные угли. Наноуглеродные материалы. Фуллерены. Силикагели. Активный оксид алюминия. Алумосиликаты. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (56–60). Контрольная работа № 2 (задание 5).	Экзамен (тест, вопрос 14).
	Амфолиты. Гидролиз, константа гидролиза, степень гидролиза. Буферные растворы, механизм их действия. Вывод уравнения Гендерсона. Буферная емкость.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (7–9).	Экзамен (тест, вопрос 3).

Коррозия: типы, количественные характеристики. Химическая коррозия. Электрохимическая коррозия. Классификация металлов по коррозионной стойкости. Способы защиты от коррозии. Определение возможности коррозии с помощью диаграммы Пурбе.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (48–53).	
Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Фазовая диаграмма давление-состав и температура состав (диаграммы кипения). Правило рычага. Законы Гиббса-Коновалова. Дистилляция. Азеотропы.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (44–46). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 5.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
Мембранное равновесие и мембранный потенциал. Ионоселективные электроды. аморфные твердые электролиты. Стекланный электрод. Строение различных типов стекланных электродов. Зависимость потенциала стеклнного электрода от активности ионов водорода. Измерение pH раствора с помощью стеклнного электрода	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (36). Контрольная работа № 2 (задание 4).	
Растворы электролитов. Механизмы образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Степень диссоциации, сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабых электролитов. Изотонический коэффициент для неидеальных растворов, зависимость его от степени диссоциации.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (1–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–2).
Общая характеристика электрохимических процессов. Электрохимические источники тока. Характеристики электрохимической батареи. Первичные источники тока: щелочные и литиевые батареи. Аккумуляторы. Принцип работы свинцового аккумулятора. Электрохимические генераторы (топливные элементы). Принцип работы водородно-кислородного топливного элемента. Электрохимические реакции, происходящие под действием внешнего напряжения.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (25, 47). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4)	Экзамен (тест, вопрос 11–13).

Классификация электродов. Электроды первого, второго и третьего рода. Простые и сложные окислительно-восстановительные системы. Газовые электроды. Классификация электрохимических цепей. физические цепи. Концентрационные цепи с переносом и без переноса. Химические цепи с переносом и без переноса. Термодинамика электрохимических цепей.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (31–35, 37–40). Контрольная работа № 2 (задание 3, 4).	Экзамен (тест, вопрос 9–13).
Кондуктометрия. Определение электропроводности растворов сильных и слабых электролитов, определение константы и степени диссоциации слабого электролита, определение растворимости труднорастворимого соединения. Метод кондуктометрического титрования.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23). Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Кислотно-основные равновесия. Диссоциация воды, ионное произведение воды, рН и рОН. Равновесия в растворах комплексных соединений. Гетерогенные ионные равновесия. Сильные и слабые кислоты (основания).	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (4–6). Контрольная работа № 2 (задание 1, 2). РГЗ (задание 1–4)	Экзамен (тест, вопрос 1–3).
Агрегатные состояния вещества. Стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монокотропные и энантиотропные. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (41–43). Контрольная работа № 1 (задание 4). Индив. задание 4.	Зачет (тест, вопрос 11).
Применение метода ЭДС. Потенциометрия. Определение термодинамических функций, определение констант равновесия потенциалообразующей химической реакции в элементе, константы устойчивости (образования) комплекса, произведения растворимости, стандартных энергий Гиббса образования ионов, чисел переноса, определение рН растворов, составление диаграмм Пурбе.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (42). Контрольная работа № 2 (задание 4).	Экзамен (тест, вопрос 12).
Изотерма химической реакции. Закон действующих масс. Константы химического равновесия, выраженные разными способами, взаимосвязь между ними. Термическая диссоциация, степень термической	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (22, 23, 26–29). Контрольная работа (задание 2). Индив. задание 3.	Зачет (тест, вопрос 6–8).

	диссоциации, расчет равновесного состава смеси газов. Изобара и изохора химической реакции. Принцип Ле Шателье. Зависимость константы равновесия от температуры, уравнение Вант-Гоффа. Влияние общего давления, парциального давления и примесей посторонних инертных газов на равновесие. Методы расчета констант равновесия из табличных данных.		
	Диаграммы плавкости двух твердых веществ без образования химических соединений. Кривые охлаждения и построение диаграмм плавкости. Ректификация веществ методом зонной плавки. Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с полной или ограниченной растворимостью веществ в твердом состоянии, а также полной нерастворимостью в твердом состоянии. Эвтектическая температура. Использование правила рычага для расчета состава твердой и жидкой фаз. Диаграммы плавкости двухкомпонентных систем с образование химических соединений. Дистектическая и перитектические температуры. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (47–50). Контрольная работа № 1 (задание 5). Индив. задание 6.	Зачет (тест, вопрос 14, 15).
	Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Поток диффузии и миграции. Измерение электропроводности растворов. Удельная и молярная (эквивалентная) электропроводности, их зависимость от концентрации и разведения раствора. Эквивалентная электропроводность сильных электролитов. Закон Кольрауша. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Подвижность и числа переноса анионов и катионов. Эффекты вина и Дебая-Фалькенгагена.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (13–23) Контрольная работа № 2 (задание 2). РГЗ (задание 1–4).	Экзамен (тест, вопрос 7, 8).
	Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления. Основные окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 2 (24). Контрольная работа № 2 (задание 3).	

	Метод полуреакций.		
	Введение. Термодинамические системы, состояние систем, процессы. Свойства идеальных газов. Стандартные и нормальные условия проведения опытов. Нулевой закон термодинамики. Работа, теплота, энергия. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Работа, совершаемая при обратимом изобарном и изотермическом расширении. Изменение внутренней энергии при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном объеме (изохорная теплоемкость). Теплоемкость истинная, молярная, удельная, средняя. Методы оценки теплоемкости.	Лабораторная работа: теор. вопросы № 1 (1–3). Контрольная работа № 1 (задание 1).	Зачет (тест, вопрос 1–3).

Примечание. Теоретические вопросы № 1 см. Приложение 1; Теоретические вопросы № 2 см. Приложение 4; Контрольная работа № 1 – контрольная работа 2 семестр; Контрольная работа № 2 – контрольная работа 3 семестр; Индив. задания – многовариантные индивидуальные задания (Приложение 3).

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится во 2 семестре – в форме зачета в 3 семестре – в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ.

Зачет проводится в письменной форме, по тестам, состав и правила оценки сформулированы в паспорте зачета.

Сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1, обязательным этапом которого в 2 семестре является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля на практических занятиях, к которым относится проверка многовариантных заданий, выполняемых каждым студентом индивидуально в письменном виде. Формы индивидуальных заданий приведены в Приложении 3. Критерии оценки заданий прилагаются ниже.

К мероприятиям текущего контроля также относится подготовка в письменном виде теоретического материала студентами к лабораторной работе по предлагаемым теоретическим вопросам, на которой в дискуссионной форме проходит их обсуждение с преподавателем. Диапазон предлагаемых вопросов прилагается в Приложении 1, критерии их оценки прилагаются ниже.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

Для получения допуска к зачету студент обязан выполнить все предусмотренные рабочей программой виды учебной деятельности в семестре и набрать минимальное число баллов (не менее 50 %), которые складываются из баллов, полученных за выполнение индивидуальных заданий, контрольной работы, ответов на теоретические вопросы, необходимое для допуска к промежуточной аттестации (зачету). Максимально возможное число баллов за текущую аттестацию во 2 семестре составляет – 80.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Экзамен проводится в письменной форме по тестам, диапазон вопросов и критерии оценки приведены в паспорте экзаменационного билета.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1. К ним относится подготовка в письменном виде теоретического материала студентами к лабораторной работе по предлагаемым теоретическим вопросам, на которой в дискуссионной форме проходит их обсуждение с преподавателем. Диапазон предлагаемых вопросов прилагается в Приложении 4, критерии их оценки прилагаются ниже.

Сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1, обязательным этапом которого в 3 семестре является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Обязательным этапом текущей аттестации в 3 семестре является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

Для получения допуска к экзамену студент обязан выполнить все предусмотренные рабочей программой виды учебной деятельности в семестре и набрать минимальное число баллов (не менее 50 %). Необходимое количество баллов для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) складываются из полученных за ответы на теоретические вопросы на лабораторных работах; выполнение РГЗ и контрольной работы. Максимально возможное число баллов за текущую аттестацию составляет – 60.

Критерии оценки теоретических вопросов на лабораторных работах, 2 семестр

Каждый теоретический вопрос оценивается 0,6 баллами.

- **Неудовлетворительный** уровень ответов на теоретические вопросы не отвечает большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса не освоено, пробелы носят существенный характер; студент не знает основные определения и закономерности изучаемых процессов; ответы на вопросы соответствуют уровню ниже 15 баллов;
- **пороговый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; студент дает основные определения; знает основные закономерности изучаемых процессов; ответы на вопросы соответствуют уровню 15–22 баллов;
- **базовый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает всем основным требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов; но их использование для описания наблюдаемых явлений недостаточно обоснованно; ответы на вопросы соответствуют уровню 23–26 баллов
- **продвинутый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает всем требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности

изучаемых процессов и правильно применяет их для описания наблюдаемых явлений; ответы на вопросы соответствуют уровню 27–30 баллов.

Критерии оценки многовариантных индивидуальных заданий, 2 семестр

Каждая задача оценивается 1 баллом. Выполнение одного задания максимально оценивается 5 баллами. Программой предусмотрено выполнение 6 индивидуальных заданий, максимальная сумма баллов за их выполнение – 30.

- Работы считаются выполненными на уровне **ниже порогового** и не отвечают большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; если теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы носят существенный характер; студент не дает основные определения; и не знает основные закономерности изучаемых процессов; при решении задач использован неправильный теоретический материал и не представлены аналитические решения задач, общая оценка за письменные работы составляет менее 15 баллов.
- **пороговый** уровень при выполнении заданий отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; студент знает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; уровень выполнения работы составляет 15–21 баллов;
- **базовый** уровень при выполнении заданий отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; студент знает все определения по темам дидактических единиц курса; знает все законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые полученные зависимости и расчеты содержат ошибки; уровень выполнения работы составляет 22–25 баллов;
- **продвинутый** уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; студент дает все определения по темам дидактических единиц курса; знает все законы и формулы, на основании которых выводит правильное аналитическое решение всех задач, решение задач выполнено без ошибок; уровень выполнения работы составляет 26–30 баллов.

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (70 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации (зачета).

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (40 баллов), то он не допускается к зачету во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к зачету необходимо набрать минимальное количество баллов.

Критерии оценки теоретических вопросов на лабораторных работах, 3 семестр

Каждый теоретический вопрос оценивается 0,5 баллами.

- **Неудовлетворительный** уровень ответов на теоретические вопросы не отвечает большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса не освоено, пробелы носят существенный характер; студент не знает основные определения и закономерности изучаемых процессов; ответы на вопросы соответствуют уровню ниже 15 баллов;
- **пороговый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; студент дает основные определения; знает основные закономерности изучаемых процессов; ответы на вопросы соответствуют уровню 15–22 баллов;
- **базовый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает всем основным требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов; но их использование для описания наблюдаемых явлений недостаточно обоснованно; ответы на вопросы соответствуют уровню 23–26 баллов
- **продвинутый** уровень ответов на теоретические вопросы отвечает всем требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов и правильно применяет их для описания наблюдаемых явлений; ответы на вопросы соответствуют уровню 27–30 баллов.

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (52 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (30 баллов), то он не допускается к экзамену во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к экзамену необходимо набрать минимальное количество баллов.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками. Общий уровень выполнения заданий составляет менее 50 %.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с

ошибками. Общий уровень выполнения заданий составляет 50–73 %.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Общий уровень выполнения заданий составляет 74–86 %.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Общий уровень выполнения заданий составляет 87–100 %.

Паспорт зачета

по дисциплине «Физическая химия», 2 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по тестам, состоящим из 15 вопросов. Тестовые задания включают следующие типы вопросов: множественный, соответствие, числовой.

Тест формируется по следующему правилу: вопросы 1–8 включают в себя задания по дидактической единице «Химическая термодинамика», вопросы 9–10 – по дидактической единице «Растворы неэлектролитов», вопросы 11–15 – по дидактической единице «Фазовые равновесия».

Задания общим списком приведены в Приложении 2.

На выполнение тестовых заданий отводится 90 минут. Ответы на задания, требующие расчетов, подтверждаются в письменной экзаменационной работе.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), то преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (Приложение 1).

Оцениваемыми параметрами при выполнении заданий является правильность выбора ответа, а также правильность применяемого теоретического материала для вывода аналитического решения задач, точность решения и аргументированность полученного ответа.

Оцениваемыми параметрами при ответе на теоретические вопросы является знание основных понятий и законов химической термодинамики, знание основных величин и их размерностей, умение привести примеры реальных процессов, знание основных соотношений связывающих физические величины и умение их применять для решения конкретных практических задач.

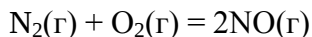
Пример теста для зачета

Вариант 1

1. Изменения внутренней энергии и энтальпии одинаковы для реакции:

- ☐ 1. $\text{B}_2\text{H}_6(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = \text{B}_2\text{O}_3(\text{тв}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$;
- ☐ 2. $4\text{NO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{N}_2\text{O}_5(\text{г})$;
- ☐ 3. $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2 \text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{г})$;
- ☐ 4. $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}(\text{г})$.

2. Согласно третьему следствию закона Гесса энтальпию реакции



можно рассчитать следующим образом:

- ☐ 1. $\Delta_r H_{298}^\circ = E(\text{N}\equiv\text{N}) + E(\text{O}=\text{O}) - 2E(\text{N}=\text{O})$;
- ☐ 2. $\Delta_r H_{298}^\circ = E(\text{N}\equiv\text{N}) + E(\text{O}=\text{O}) - E(\text{N}=\text{O})$;
- ☐ 3. $\Delta_r H_{298}^\circ = 2E(\text{N}=\text{O}) - E(\text{N}\equiv\text{N}) + E(\text{O}=\text{O})$;
- ☐ 4. $\Delta_r H_{298}^\circ = E(\text{N}=\text{O}) - E(\text{N}\equiv\text{N}) - E(\text{O}=\text{O})$.

3. Зависимость теплового эффекта реакции $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + 3/2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ от температуры выражается уравнением:

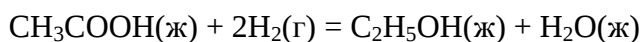
$\Delta_r H^\circ_T (\text{Дж/моль}) = -684,7 \cdot 10^3 + 36,77T - 38,56 \cdot 10^{-3}T^2 + 8,21 \cdot 10^{-6}T^3 + 2,88 \cdot 10^5/T$. Тогда изменение теплоемкости ΔC_p для этой реакции можно рассчитать по уравнению:

- ☐ 1. $\Delta C_p = 36,77 - 77,12 \cdot 10^{-3}T + 24,63 \cdot 10^{-6}T^2 - 2,88 \cdot 10^5/T^2$;
- ☐ 2. $\Delta C_p = 36,77 - 38,56 \cdot 10^{-3}T + 8,21 \cdot 10^{-6}T^2 - 2,88 \cdot 10^5/T^2$;
- ☐ 3. $\Delta C_p = -684,7 \cdot 10^3T + 18,36T^2 - 12,85 \cdot 10^{-3}T^3 + 2,05 \cdot 10^{-6}T^4 + 2,88 \cdot 10^5/T^2$;
- ☐ 4. $\Delta C_p = -684,7 \cdot 10^3T + 18,36T^2 - 12,85 \cdot 10^{-3}T^3 + 2,05 \cdot 10^{-6}T^4 + 2,88 \cdot 10^5 \ln T$.

4. Если удельная теплота испарения метанола 1100,4 Дж/г, температура кипения метанола 64,7 °С, то энтропия фазового перехода для 1 моль составляет:

- ☐ 1. 17,01 Дж/К;
- ☐ 2. 3,26 Дж/К;
- ☐ 3. 544,3 Дж/К;
- ☐ 4. 104,3 Дж/К.

5. Стандартные энергии Гиббса и Гельмгольца ΔG° и ΔF° при 60 °С для химической реакции:



связаны соотношением:

- ☐ 1. $\Delta G^\circ = \Delta F^\circ - 997,2$ (Дж/моль);
- ☐ 2. $\Delta G^\circ = \Delta F^\circ + 997,2$ (Дж/моль);
- ☐ 3. $\Delta G^\circ = \Delta F^\circ - 5534,5$ (Дж/моль);
- ☐ 4. $\Delta G^\circ = \Delta F^\circ + 5534,5$ (Дж/моль).

6. Для каких из указанных реакций уменьшение объема сосуда приведет к смещению равновесия в том же направлении, что и понижение температуры?

- ☐ 1. $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{г})}$, $\Delta H > 0$;
- ☐ 2. $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{т})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{г})}$, $\Delta H > 0$;
- ☐ 3. $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + 3/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$, $\Delta H < 0$;
- ☐ 4. $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$, $\Delta H < 0$.

7. Константа равновесия для реакции $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ при 400 °С равна $K_p = 1,60 \cdot 10^{-4}$. Для реакции $1/2\text{N}_{2(\text{г})} + 3/2\text{H}_{2(\text{г})} = \text{NH}_{3(\text{г})}$ константа равновесия будет равна:

- ☐ 1. $K_p = 1,60 \cdot 10^4$;
- ☐ 2. $K_p = 1,26 \cdot 10^2$;
- ☐ 3. $K_p = 1,26 \cdot 10^{-2}$;
- ☐ 4. $K_p = 0,8 \cdot 10^{-4}$.

8. Для реакции $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ верно соотношение:

- ☐ 1. $K_p = K_x \cdot p^2$;
- ☐ 2. $K_p = K_x \cdot p^{-2}$;
- ☐ 3. $K_p = K_c \cdot p^{-2}$;
- ☐ 4. $K_p = K_c \cdot p^2$.

9. Общий объем раствора этанола, содержащего 1 кг H_2O , при 25°С описывается уравнением

$$V(\text{мл}) = 1002,93 + 54,6664m - 0,36394m^2 + 0,028256m^3.$$

Тогда, для нахождения парциального мольного объема этанола справедливо выражение:

- ☐ 1. $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) (\text{мл} \cdot \text{моль}^{-1}) = 54,6664 - 0,72788m + 0,084768m^2$;
- ☐ 2. $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) (\text{мл} \cdot \text{моль}^{-1}) = 54,6664m - 0,36394m^2 + 0,028256m^3$;
- ☐ 3. $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) (\text{мл} \cdot \text{моль}^{-1}) = 1002,93m + 27,3332m^2 - 0,12131m^3 + 0,007064m^4$;

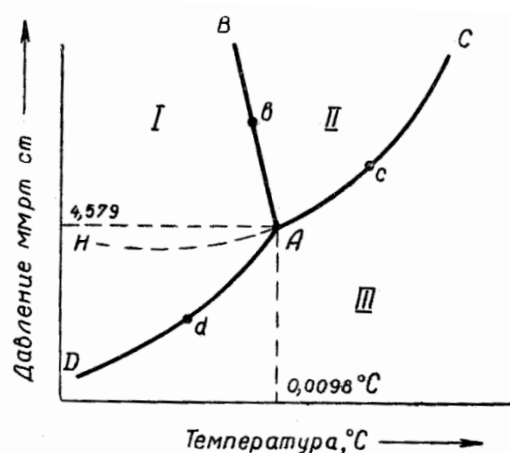
□ 4. $V(C_2H_5OH) \text{ (мл} \cdot \text{моль}^{-1}) = -54,6664 + 0,72788m - 0,084768m^2$.

10. Водные растворы сахарозы и хлористого натрия кипят при одинаковой температуре. Если принять степень диссоциации электролита равной 1, то для этих растворов:

- 1. равны моляльные концентрации растворенных веществ;
- 2. моляльная концентрация раствора сахара меньше в 3 раза;
- 3. моляльная концентрация раствора хлорида натрия в 2 раза больше;
- 4. моляльная концентрация раствора сахара в 2 больше.

11. На фазовой диаграмме воды состояние системы, соответствующее точке *b*, представляет собой:

- 1. гетерогенную систему, состоящую из твердой и жидкой воды, с числом термодинамических степеней свободы равным 1;
- 2. гетерогенную систему, состоящую из газообразной и жидкой воды, с числом термодинамических степеней свободы равным 1;
- 3. гомогенную систему, состоящую из твердой воды, с числом термодинамических степеней свободы равным 2;
- 4. гомогенную систему, состоящую из газообразной воды, с числом термодинамических степеней свободы равным 2.

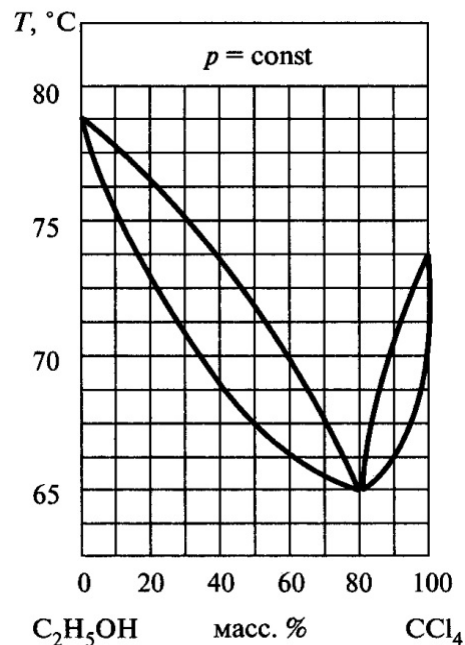


12. Исходя из диаграммы состояния системы «этанол – четыреххлористый углерод», при 70 °С кипят жидкости состава:

- 1. 60 % CCl_4 ;
- 2. 90 % CCl_4 ;
- 3. 60 % CCl_4 и 90 % CCl_4 ;
- 4. 35 % CCl_4 и 99 % CCl_4 .

13. Исходя из диаграммы состояния системы «этанол – четыреххлористый углерод», при кипении жидкости, содержащей 60 % CCl_4 , состав первого пузырька пара соответствует:

- 1. 75 % CCl_4 ;
- 2. 90 % CCl_4 ;
- 3. 82 % CCl_4 ;
- 4. 35 % CCl_4 .

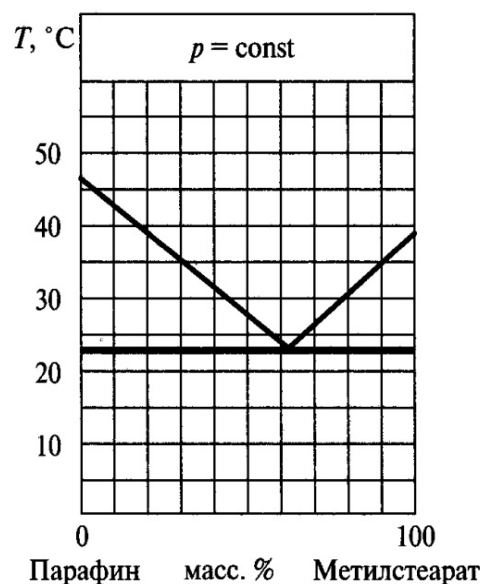


14. Исходя из диаграммы плавкости системы «парафин – метилстеарат» система, содержащая 20 % метилстеарата при температуре 35 °С, содержит следующие равновесные фазы:

- 1. расплав;
- 2. расплав и твердый парафин;
- 3. расплав и твердый метилстеарат;
- 4. твердые метилстеарат и парафин.

15. Исходя из диаграммы плавкости системы «парафин – метилстеарат» в системе, содержащей 20 % метилстеарата при температуре 35 °С, массовое соотношение равновесных жидкой и твердой фаз составляет:

- ☐ 1. 2 : 1;
- ☐ 2. 1 : 2;
- ☐ 3. 3 : 2;
- ☐ 4. 1 : 3.



Утверждаю: зав. кафедрой _____ Н.Ф. Уваров
(подпись)
«_____» _____ 20 ____ г.

2. Критерии оценки

- Вопросы 1–10 оцениваются 1 баллом, вопросы 11–15 – 2 баллами.
- Ответ на зачетный тест считается **неудовлетворительным**, если он не соответствует большинству основных требований формируемых компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает менее 50% правильных ответов на вопросы теста; при ответе на вопросы не дает определений основных понятий по дидактическим единицам курса, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не приводит решения задач, или приводит неправильные решения оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если он отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает не менее 50% правильных ответов; дает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 10–14 баллов.
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если он отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает более 75% правильных ответов; дает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 15–17 баллов.
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает более 90% правильных ответов; дает все определения по темам

дидактических единиц курса; знает и пишет все законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, расчеты в заданиях выполнены без ошибок; оценка составляет 18–20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам теста составляет не менее 10 баллов (по 20 балльной шкале).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Соотношение баллов за текущую и промежуточную аттестацию составляют 80:20, суммарно 100 баллов.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), преподаватель проводит дополнительную беседу по вопросам (Приложение 1) и по ее результатам выставляет соответствующие баллы и итоговую оценку.

Количество баллов, полученное в результате промежуточной аттестации, суммируется с баллами, полученными за текущую аттестацию, по общей сумме которых выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы и задания к зачету по дисциплине «Физическая химия» представлены в Приложении 1 и 2 соответственно.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физическая химия», 2 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится письменно и содержит 5 заданий. Задания 1, 2 выбираются из диапазона заданий по дидактической единице «Химическая термодинамика», задание 3 – «Растворы неэлектролитов», задания 4, 5 – «Фазовые равновесия». Задания общим списком даны в Приложении 2.

При выполнении задания 1 необходимо провести расчет термодинамических функций с учетом их температурной зависимости. Для успешного выполнения задания необходимо уметь использовать справочные данные термодинамических величин и проводить расчеты с ними.

2 задание относится к теме «Химическое равновесие». При выполнении задания необходимо провести расчет константы равновесия или равновесного состава смеси. Необходимым навыком при выполнении данного задания является умение составлять таблицу равновесного состава системы и рассчитывать константы равновесия в различных шкалах.

3 задание относится к теме «Парциальные молярные величины». При выполнении задания необходимо провести расчет общего экстенсивного параметра системы или парциального мольного. Необходимым навыком при выполнении данного задания является умение применять законы Гиббса–Дюгема для нахождения парциальных мольных свойств.

При выполнении 4 задания необходимо провести расчет температуры или давления согласно уравнению Клаузиуса или Клаузиуса–Клапейрона. Для успешного выполнения задания необходимо знать основные уравнения, описывающие равновесия в однокомпонентных системах, а также правило Трутона.

5 задание относится к теме «Равновесия жидкость – пар в двухкомпонентных системах» или «Равновесия жидкость – твердое в двухкомпонентных системах». При выполнении задания 3 необходимо знать правила интерпретации фазовых диаграмм, уметь проводить расчет по ним. При выполнении задания необходимо знать на какие части возможно разделение жидких смесей, образующих азеотропы. Также необходимо знать правила интерпретации фазовых диаграмм, уметь проводить расчет по ним. При выполнении задания необходимо знать области диаграммы, состав эвтектики, правило рычага. Необходимым умением является построение кривой охлаждения, расчет степеней свободы системы по правилу фаз Гиббса и расчет равновесного количества фаз по правилу рычага.

Оцениваемыми параметрами при выполнении всех заданий является правильность

используемых единиц и их размерностей, знание и умение применять для решения задач основных законов химической термодинамики, термодинамики растворов неэлектролитов и фазовых равновесий, правильность выведенного аналитического решения задачи и расчетов по нему.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями 4 баллами.

- Контрольная работа считается **не выполненной**, если уровень при выполнении заданий не отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент не знает основные определения, законы и соотношения по темам дидактических единиц курса; на основании которых возможен вывод аналитического решения типовых задач, все задания выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет менее 10 баллов;
- **Пороговый** уровень при выполнении заданий отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет 10–14 баллов.
- **Базовый** уровень при выполнении заданий отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые полученные зависимости и расчеты по ним выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет 15–17 баллов.
- **Продвинутый** уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает все определения по темам дидактических единиц курса; знает все законы и формулы, на основании которых выводит правильное аналитическое решение всех типовых задач, расчеты выполнены по ним без ошибок; уровень при выполнении контрольной работы составляет 18–20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Количество баллов, полученное в результате выполнения контрольной работы, письменных работ при подготовке к занятиям, а также за ответы на теоретические вопросы, составляющих общую сумму баллов за текущую аттестацию, суммируется с баллами, полученными за промежуточную аттестацию. По сумме баллов выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с таблицей 1 (Паспорт зачета).

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (70 и более) в

результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (40 баллов), то он не допускается к зачету во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к зачету необходимо набрать минимальное количество баллов.

4. Пример варианта контрольной работы

Комплект заданий для контрольной работы

по дисциплине физическая химия, 2 семестр
(наименование дисциплины)

1. Найдите изменение энтропии при нагревании 1 моль кадмия от 25 до 727 °С, если температура плавления 321 °С и теплота плавления равна 6109 Дж/моль:

$$C_p(\text{Cd}_{\text{тв}}) = 22,22 + 12,30 \cdot 10^{-3} T \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

$$C_p(\text{Cd}_{\text{ж}}) = 29,83 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$$

2. Для реакции $2\text{HI}_{(\text{г})} = \text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})}$ константа равновесия $K_p = 1,83 \cdot 10^{-2}$ при 698,6 К.

Сколько граммов HI образуется при нагревании до этой температуры 10 г I_2 и 0,2 г H_2 в трехлитровом сосуде? Чему равны парциальные давления H_2 , I_2 и HI?

3. Плотность 50 %-ного (по массе) раствора этанола в воде при 25°С равна 0,914 г/см³. Рассчитайте парциальный мольный объём этанола в этом растворе, если парциальный мольный объём воды равен 17,4 см³/моль.

4. Нормальная температура кипения бензола равна 80,1 °С.

При какой температуре будет кипеть бензол, если давление составляет 0,0385 МПа? Теплоту испарения оцените по формуле Трутона.

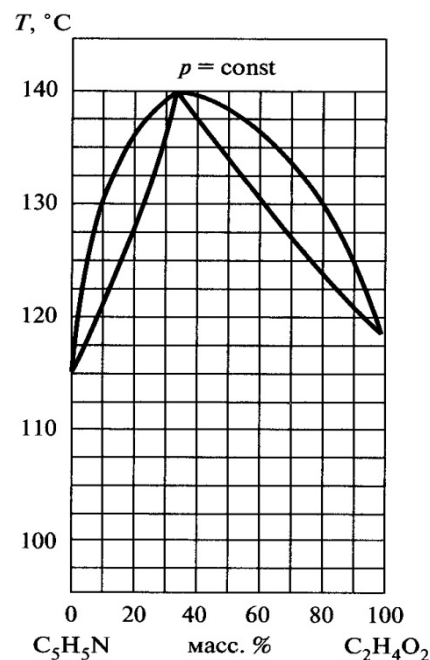
5. По диаграмме состояния системы «пиридин – уксусная кислота» определите:

а) какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;

б) при какой температуре закипит смесь, состоящая из 40 % пиридина и 60 % уксусной кислоты;

б) каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;

г) что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.



Паспорт экзамена

по дисциплине «Физическая химия», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам, состоящим из 15 вопросов. Тестовые задания включают следующие типы вопросов: множественный, соответствие, числовой.

Экзаменационный тест формируется следующим образом: вопросы 1–6 включают в себя задания по дидактической единице «Растворы электролитов», вопросы 7, 8 – «Неравновесные явления в растворах электролитов», вопросы 9–13 – «Равновесие электрохимических систем», вопросы 14–15 – «Поверхностные явления и адсорбция».

Задания общим списком приведены в Приложении 5.

На выполнение тестовых заданий отводится 90 минут. Ответы на задания, требующие расчетов, подтверждаются в письменной экзаменационной работе.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), то преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (Приложение 4).

При выполнении заданий теста оцениваемыми параметрами являются правильность выбора ответа и теоретического материала, используемого для решения задачи; правильность полученных величин и знание их размерностей; умение пользоваться справочными данными по подвижностям ионов и таблицей электродных потенциалов для решения типовых задач; умение правильно писать электродные процессы для электрохимической системы, работающей как гальванический элемент, так и электролизер; умение описывать процессы адсорбции изотермами и проводить расчеты по ним, определять поверхностную активность.

При ответе на теоретические вопросы оцениваемыми параметрами является знание основных понятий и величин, размерностей и взаимосвязей между величинами. Оценивается умение правильно давать описание предлагаемых процессов, а также знание аналитических и графических методов определения эквивалентной электропроводности и константы диссоциации; знание коллигативных свойств растворов, основных положений теории Дебая–Хюккеля, теории Бренстеда–Лоури; основных областей применения методов кондуктометрии и потенциометрии; использование изотермы Ленгмюра и Фрейндлиха для описания процессов адсорбции; знание связи адсорбции с поверхностным натяжением.

Пример теста для экзамена

Вариант 1

1. Растворы сахарозы и хлорида натрия изотоничны друг другу. Если принять степень диссоциации электролита равной 1, то для этих растворов молярные концентрации

соотносятся следующим образом:

- ☐ 1. концентрация раствора сахара в 2 больше;
- ☐ 2. равны;
- ☐ 3. концентрация раствора хлорида натрия в 2 раза больше;
- ☐ 4. концентрация раствора сахара меньше в 3 раза.

2. В порядке повышения температуры кипения следующие водные растворы (концентрация каждого равна 0,1 моль/кг): хлорида калия, мочевины, уксусной кислоты, хлорида кальция, нитрата алюминия располагаются следующим образом:

- ☐ 1. хлорид калия, мочевины, уксусная кислота, хлорид кальция, нитрат алюминия;
- ☐ 2. мочевины, уксусная кислота, хлорид калия, хлорид кальция, нитрат алюминия;
- ☐ 3. нитрат алюминия, хлорид кальция, хлорид калия, уксусная кислота, мочевины;
- ☐ 4. хлорид калия, уксусная кислота, хлорид кальция, нитрат алюминия мочевины.

3. Максимальной буферной емкостью обладает раствор, приготовленный из:

- ☐ 1. 15 мл 0,5 М раствора уксусной кислоты и 5 мл раствора едкого натра;
- ☐ 2. 20 мл 0,5 М раствора уксусной кислоты и 10 мл раствора едкого натра;
- ☐ 3. 10 мл 0,5 М раствора уксусной кислоты и 20 мл раствора едкого натра;
- ☐ 4. 5 мл 0,5 М раствора уксусной кислоты и 15 мл раствора едкого натра.

4. Количественная связь между ионной силой и моляльной концентраций m в растворе CaCl_2 имеет следующий вид:

- ☐ 1. $I = 6m$;
- ☐ 2. $I = 4m$;
- ☐ 3. $I = 3m$;
- ☐ 4. $I = 10m$.

5. Средний ионный коэффициент активности в растворе CaCl_2 согласно предельному закону Дебая–Хюккеля можно рассчитать по формуле:

- ☐ 1. $\lg f_{\pm} = -|2 \cdot 2| h \sqrt{I}$;
- ☐ 2. $\lg f_{\pm} = |2 \cdot 1| h \sqrt{I}$;
- ☐ 3. $\lg f_{\pm} = |2 \cdot 2| h \sqrt{I}$;
- ☐ 4. $\lg f_{\pm} = -|2 \cdot 1| h \sqrt{I}$.

6. Произведение растворимости PbCl_2 связано с растворимостью соли следующим образом:

- ☐ 1. $K_s = 4s^3 f_{\pm}^3$;
- ☐ 2. $K_s = 2s^2 f_{\pm}^2$;
- ☐ 3. $K_s = 3s^3 f_{\pm}^3$;

□ 4. $K_s = s^2 f_{\pm}^2$.

7. Удельная электропроводность 0,02 М раствора KCl равна 0,2765 См·м⁻¹, а электросопротивление сосуда для измерения электропроводности составляет 217 Ом. Из полученных данных постоянная ячейки равна:

- 1. 60,0 м⁻¹;
 □ 2. 12,0 м⁻¹;
 □ 3. 0,00127 м⁻¹;
 □ 4. 784,8 м⁻¹.

8. Согласно закону Кольрауша эквивалентную электропроводность раствора NaCl можно рассчитать следующим образом:

- 1. $\Lambda^0(\text{NaCl}) = \Lambda^0(\text{KBr}) + \Lambda^0(\text{NaBr}) - \Lambda^0(\text{KCl})$;
 □ 2. $\Lambda^0(\text{NaCl}) = \Lambda^0(\text{KCl}) - \Lambda^0(\text{KBr}) + \Lambda^0(\text{NaBr})$;
 □ 3. $\Lambda^0(\text{NaCl}) = \Lambda^0(\text{KBr}) - \Lambda^0(\text{NaBr}) - \Lambda^0(\text{KCl})$;
 □ 4. $\Lambda^0(\text{NaCl}) = \Lambda^0(\text{NaBr}) - \Lambda^0(\text{KCl}) - \Lambda^0(\text{KBr})$.

9. Каломельный электрод, на котором протекает следующая потенциалопределяющая реакция $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$, схематически представляется так:

- 1. $\text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg} \mid \text{Cl}^-$;
 □ 2. $\text{Cl}^- \mid \text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2$;
 □ 3. $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{Cl}^- \mid \text{Hg}$;
 □ 4. $\text{Cl}^- \mid \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}$.

10. Уравнение Нернста для простой редокс-системы $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, записывается так:

- 1. $E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a(\text{S}_4\text{O}_6^{2-})}{a^2(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}$;
 □ 2. $E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{a(\text{S}_4\text{O}_6^{2-})}{a(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}$;
 □ 3. $E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a(\text{S}_4\text{O}_6^{2-})}{a^2(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}$;
 □ 4. $E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a(\text{S}_4\text{O}_6^{2-})}{a(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}$.

11. К химической цепи с переносом относится следующая схема:

- 1. $(-) \text{Cu} \mid \text{Ni} \mid \text{NiCl}_2 \mid \text{CuCl}, \text{Cu} (+)$;
 □ 2. $(-) \text{Pt}, \text{H}_2 \mid \text{HCl} \mid \text{AgCl}, \text{Ag} \mid (\text{Pt}) (+)$;
 □ 3. $(-) \text{Cu} \mid \text{Ni} \mid \text{NiSO}_4 \parallel \text{CuSO}_4 \mid \text{Cu} (+)$;

☐ 4. $(-) \text{Fe} \mid \text{KOH} \mid \text{NiO}(\text{OH}) \mid \text{Ni} \mid \text{Fe} (+)$.

12. Для определения произведения растворимости AgCl потенциометрическим методом необходимо составить следующий гальванический элемент:

☐ 1. $(-) \text{Pt}, \text{H}_2 \mid \text{HCl} \mid \text{AgCl}, \text{Ag} \mid (\text{Pt}) (+)$;

☐ 2. $(-) \text{Ag} \mid \text{HCl} \mid \text{AgCl}, \text{Ag} \mid (\text{Pt}) (+)$;

☐ 3. $(-) \text{Ag}, \text{AgCl} \mid \text{KCl} \parallel \text{AgNO}_3 \mid \text{Ag} (+)$;

☐ 4. $(-) \text{Ag}, \text{AgCl} \mid \text{AgNO}_3 \parallel \text{KCl} \mid \text{Ag} (+)$.

13. При электролизе водного раствора Na_2SO_4 протекают следующие электродные процессы:

☐ 1. А (+): $2\text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons 2e^- + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$;

К (-): $\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}^0$.

☐ 2. А (+): $2\text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons 2e^- + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$;

К (-): $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

☐ 3. А (+): $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$;

К (-): $\text{Na}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Na}^0$.

☐ 4. А (+): $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$;

К (-): $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

14. Адсорбция натриевой соли бензилпенициллина на поверхности аэросила описывается уравнением Ленгмюра. Степень заполнения поверхности из $0,004 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ с константой адсорбционного равновесия $790 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1}$, равна:

☐ 1. 0,316;

☐ 2. 0,760;

☐ 3. 0,240;

☐ 4. 0,684.

15. При 20°C поверхностное натяжение 3 М водного раствора соляной кислоты равно $83 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, а поверхностное натяжение чистой воды при этой температуре равно $72,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$. на основании этих данных можно сделать следующий вывод:

☐ 1. $\frac{\partial \sigma}{\partial c} > 0$, соляная кислота – поверхностно-инактивное вещество.

☐ 2. $\frac{\partial \sigma}{\partial c} < 0$, соляная кислота – поверхностно-активное вещество.

☐ 3. $\frac{\partial \sigma}{\partial c} = 0$, соляная кислота не изменяет поверхностного натяжения.

☐ 4. $\frac{\partial \sigma}{\partial c} > 0$, соляная кислота хорошо адсорбируется на поверхности воды.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ Н.Ф. Уваров

(подпись)

«_____» _____ 20 ____ г.

2. Критерии оценки

Вопросы 1–10 оцениваются 2 баллами, вопросы 11–15 – 4 баллами.

- Ответ на тест не засчитывается и соответствует уровню **ниже порогового**, если он отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает менее 50% правильных ответов на вопросы теста; не знает основные определения по темам дидактических единиц курса; в том числе и основные законы и формулы, на основании которых возможно вывести аналитическое решение типовых задач, оценка составляет менее 20 баллов.
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если он отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает не менее 50% правильных ответов; дает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 20–28 баллов.
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если он отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает более 75% правильных ответов; дает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 29–34 баллов.
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент дает более 90% правильных ответов; дает все определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, расчеты в заданиях выполнены без ошибок; оценка составляет более 35 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам теста составляет не менее 20 баллов (по 40 балльной шкале).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Соотношение баллов за текущую и промежуточную аттестации составляют 60:40, суммарно 100 баллов.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), преподаватель проводит дополнительную беседу по вопросам (Приложение 4) и по ее результатам выставляет соответствующие баллы и итоговую оценку.

Количество баллов, полученное в результате промежуточной аттестации, суммируется с баллами, полученными за текущую аттестацию, по общей сумме которых выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы и задания к экзамену по дисциплине «Физическая химия» прилагаются в Приложении 4 и 5 соответственно.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Физическая химия», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам соответствующим дидактическим единицам «Растворы электролитов», «Неравновесные явления в растворах электролитов» «Равновесие электрохимических систем» и «Поверхностные явления и адсорбция», включает 5 заданий. Выполняется письменно. Задания общим списком даны в Приложении 5.

Задание 1 выбирается из диапазона заданий по дидактической единице «Растворы электролитов».

Задание 2 выбирается из диапазона заданий по дидактической единице «Неравновесные явления в растворах электролитов».

Задания 3–4 выбираются из диапазона заданий по дидактической единице «Равновесие электрохимических систем».

Задание 5 выбирается из диапазона заданий по дидактической единице «Поверхностные явления и адсорбция».

При выполнении 1 задания предлагается рассчитать рН раствора с учетом различных приближений теории Дебая–Хюккеля, для чего необходимо уметь рассчитывать ионные равновесия, знать основные положения теории Дебая–Хюккеля и формулы расчета коэффициентов активности в различных приближениях.

2 задание относится к теме «Кондуктометрия». При выполнении задания необходимо провести расчет степени диссоциации слабого электролита, основываясь на данных кондуктометрии. Необходимым навыком при выполнении данного задания является умение использовать справочные данные по подвижностям ионов для решения задач.

В 3 задании необходимо провести расчет термодинамических функций реакции, протекающей в гальваническом элементе. Для решения задачи необходимо использовать справочные данные стандартных электродных потенциалов, знать основные формулы, связывающие ЭДС гальванического элемента с энергией Гиббса, формулы для расчета энтальпии и энтропии с учетом температурного коэффициента ЭДС, уметь правильно написать электродные процессы.

Задание 4 относится к теме «Потенциометрия». Используя справочные данные и результаты потенциометрических измерений необходимо вычислить pH труднорастворимого электролита и pH раствора. Для успешного выполнения задания необходимым навыком является умение правильно писать электродные процессы и общую реакцию, протекающую в гальваническом элементе.

При выполнении 5 задания необходимо рассчитать адсорбцию электролита и сделать вывод о его поверхностной активности. При выполнении задания необходимо знать формулу Гиббса и уметь проводить расчеты по ней; уметь рассчитывать концентрацию раствора в различных шкалах.

Оцениваемыми параметрами при выполнении всех заданий является правильность используемых единиц и их размерностей, знание и умение применять для решения задач основных законов и соотношений электрохимии и физической химии поверхностных явлений, правильность выведенного аналитического решения задачи и расчетов по нему.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями 4 баллами.

- Контрольная работа считается **не выполненной**, если уровень при выполнении заданий не отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент не знает основные определения, законы и соотношения по темам дидактических единиц курса; на основании которых возможен вывод аналитического решения типовых задач, все задания выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет менее 10 баллов;
- **Пороговый** уровень при выполнении заданий отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет 10–14 баллов.
- **Базовый** уровень при выполнении заданий отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые полученные зависимости и расчеты по ним выполнены с ошибками; уровень при выполнении контрольной работы составляет 15–17 баллов.
- **Продвинутый** уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ. Студент знает все определения по темам дидактических единиц курса; знает все законы и формулы, на основании которых выводит правильное аналитическое решение всех типовых задач,

расчеты выполнены по ним без ошибок; уровень при выполнении контрольной работы составляет 18–20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Количество баллов, полученное в результате выполнения контрольной работы и РГЗ, а также за ответы на теоретические вопросы, составляющих общую сумму баллов за текущую аттестацию, суммируется с баллами, полученными за промежуточную аттестацию. По сумме баллов выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с таблицей 1 (Паспорт экзамена).

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (52 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (30 баллов), то он не допускается к экзамену во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к экзамену необходимо набрать минимальное количество баллов.

4. Пример варианта контрольной работы

Задание 1. Вычислите pH следующих водных растворов при 298 К: а) 0,04 М HCl; б) 0,04 М HCl + 0,02 М CaCl₂.

Задание 2. Электрическое сопротивление ячейки для измерения электропроводности, наполненной 0,01 М раствором KCl, равно 368 Ом при 298 К. Удельная электропроводность этого раствора 0,1413 См/м. Ячейку наполняют раствором нитрата кальция, концентрация которого равна C_1 , электросопротивление $R_1 = 12,84$ Ом. Затем добавляют к этому раствору хлорид кальция с концентрацией C_2 , электросопротивление суммарного раствора $R_2 = 9,61$ Ом. Найдите концентрации C_1 и C_2 . Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

Задание 3. Вычислите тепловой эффект, изменение энергии Гиббса и энтропии реакции $Zn + 2AgCl = ZnCl_2 + 2Ag$ протекающей в гальваническом элементе при 293,2 К, если ЭДС элемента при этой температуре равна 1,0072 В. Для решения задачи используйте также стандартное значение ЭДС при 298,2 К.

Задание 4. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли ТlI.

Задание 5. Поверхностное натяжение 10 % водного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,1$ г/см³) при 20 °С равно $83 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите адсорбцию соляной кислоты на поверхности раствора и сделайте вывод о поверхностной активности соляной кислоты. Поверхностное натяжение воды при 20 °С равно $72,8 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физическая химия», 3 семестр

1. Методика оценки

Для выполнения РГЗ предлагается 4 задания. РГЗ выполняется студентом индивидуально, оформляется в печатной форме.

При выполнении 1 задания необходимо в графическом редакторе построить зависимости удельной и эквивалентной электропроводности сильного электролита от концентрации, а также зависимость, соответствующую уравнению Кольрауша, определить коэффициенты уравнения по графической зависимости и рассчитать их, используя уравнение Дебая–Хюккеля–Онзагера, сравнить полученные величины.

При выполнении задания 2 необходимо в графическом редакторе построить зависимость эквивалентной электрической проводимости от концентрации; по зависимости определить эквивалентную электрическую проводимость при бесконечном разведении и константу диссоциации слабого электролита, рассчитать его степень диссоциации.

Оцениваемыми параметрами при выполнении 1 и 2 задания являются: правильность построения зависимостей в графических редакторах и их интерпретация, умение графически определять удельную электропроводность раствора при бесконечном разведении, знание всех используемых величин и их размерностей, правильность проведенных расчетов.

При выполнении 3 задания, используя данные кондуктометрии, необходимо рассчитать растворимость соли в воде на основании чего рассчитать ПР труднорастворимого электролита. Используя теорию Дебая–Хюккеля, рассчитать растворимость соли в растворах различных электролитов.

Оцениваемыми параметрами при выполнении 3 задания являются: знание основных положений теории Бренстеда–Лоури, умение проводить расчеты ионных равновесий; знание основных положений теории Дебая–Хюккеля и умение ее применять для расчетов ионных равновесий; знание всех используемых величин и их размерностей, правильность проведенных расчетов.

При выполнении 4 задания необходимо в графическом редакторе построить кривую кондуктометрического титрования, определить по ней точку эквивалентности, рассчитать концентрацию титруемого раствора, объяснить ход кривой титрования.

Оцениваемыми параметрами при выполнении 4 задания являются: знание всех используемых величин и их размерностей, правильность проведенных расчетов, а также умение объяснять вид кривой кондуктометрического титрования используя справочные данные об удельной электропроводности ионов.

2. Критерии оценки

Каждый выполненный пункт задания оценивается 0,5 балла.

- Работа считается **не выполненной**, если она не отвечает большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; не освоено теоретическое содержание курса; студент не знает и не дает основные определения и закономерности изучаемых процессов; предлагаемые задачи решены неправильно с использованием неверного теоретического материала, оценка составляет менее 5 баллов.

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, отвечающему большинству требований компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; студент дает основные определения; знает основные закономерности изучаемых процессов; при решении задач использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, оценка составляет 5–6 балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, отвечающем всем основным требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов; при решении задач использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, при этом проведенные по ним расчеты содержат ошибки, оценка составляет 7–8 балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, отвечает всем требованиям компетенций ОПК.1, ОПК.2, ПК.16/НИ, ПК.19/НИ; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов и правильно применяет их для описания наблюдаемых явлений; при решении задач использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, а проведенные по ним вычисления выполнены без ошибок, оценка составляет 9–10 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Количество баллов, полученное в результате выполнения РГЗ и письменных работ при подготовке к занятиям, а также за ответы на теоретические вопросы, составляющих общую сумму баллов за текущую аттестацию, суммируется с баллами, полученными за промежуточную аттестацию. По сумме баллов выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с таблицей 1 (Паспорт экзамена).

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (52 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (30 баллов), то он не допускается к экзамену во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к экзамену необходимо набрать минимальное количество баллов.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задания в РГЗ соответствуют темам дидактических единиц «Растворы электролитов» и «Неравновесные явления в растворах электролитов».

Задание 1

По зависимости эквивалентной электропроводности водного раствора соли от концентрации при 18°C (табл. 1):

- 1) постройте графики зависимости удельной и эквивалентной электрических проводимостей вещества от разведения;
- 2) установите область концентраций, для которой применимо уравнение Кольрауша;
- 3) найдите значения предельной электропроводности электролита и коэффициента A по уравнению Кольрауша;
- 4) определите значение углового коэффициента уравнения Дебая–Хюккеля–Онзагера, если $\epsilon = 78,25$; $\eta = 0,894 \cdot 10^{-3}$ Па·с;
- 5) сравните значения полученных угловых коэффициентов;
- 6) определите подвижности катиона и аниона, если число переноса аниона дано в таблице;
- 7) предельную электрическую подвижность катиона в водном растворе;
- 8) скорость движения катиона при градиенте поля 100 В/м;
- 9) стоксов радиус иона (для воды $\eta = 0,894 \cdot 10^{-3}$ Па·с);
- 10) подвижность катиона при бесконечном разведении в ацетоне и нитрометане, вязкости которых при этой температуре соответственно равны $0,310 \cdot 10^{-3}$ и $0,627 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Таблица 1.

Вещество	C, г-ЭКВ/л								t_-^0
	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	
	Λ , Ом ⁻¹ ·г-ЭКВ ⁻¹ ·см ²								
AgNO ₃	113,9	113,2	110,0	107,8	99,5	94,3	77,8	67,8	0,526

Задание 2

Используя данные о свойствах растворов вещества А в воде (табл. 2):

- 1) постройте графики зависимости удельной и эквивалентной электрических проводимостей вещества от разведения;
- 2) проверьте, подчиняются ли растворы вещества А в воде закону разведения Оствальда;
- 3) вычислите для вещества А по данным зависимостям эквивалентной электрической проводимости от концентрации эквивалентную электрическую проводимость при бесконечном разведении и константу диссоциации;

- 4) определите степень диссоциации слабого электролита при концентрации 0,005 моль/л.

Таблица 2.

Вещество А	С, моль/л						
	0,1	0,05	0,03	0,01	0,005	0,003	0,001
	r, Ом · м						
HCN	$3,10 \cdot 10^{-3}$	$4,37 \cdot 10^{-3}$	$5,84 \cdot 10^{-3}$	$10,1 \cdot 10^{-3}$	$14,3 \cdot 10^{-3}$	$18,3 \cdot 10^{-3}$	$31,9 \cdot 10^{-3}$

Задание 3

Удельная электропроводность σ насыщенных растворов труднорастворимых электролитов (соли А) при 18°C представлена в табл. 3. Удельная электропроводность воды при той же температуре равна $1 \cdot 10^{-6}$ См·см⁻¹. Вычислите:

- 1) растворимость соли А в чистой воде;
- 2) произведение растворимости вещества А;
- 3) растворимость вещества А в растворе, содержащем 0,01 моль вещества В;
- 4) растворимость вещества А в растворе, содержащем 0,01 моль вещества С.
- 5) Эквивалентную электропроводность соли А рассчитайте двумя способами по закону Кольрауша, используя справочные данные «Эквивалентная электропроводность разбавленных водных растворов электролитов» и «Предельная эквивалентная электропроводность ионов».

Таблица 3.

$\sigma \cdot 10^6$, См·см ⁻¹	Вещество		
	А	В	С
1,057	AgBr	KBr	Na ₂ SO ₄

Задание 4

- 1) Определите молярность раствора соляной кислоты, если при кондуктометрическом титровании 100 мл раствора HCl 8 н. раствором NaOH получены следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4.

Объем титранта V_T , мл	0,32	0,60	0,92	1,56	2,00	2,34
Удельная электрическая проводимость $\sigma \cdot 10^2$, См/см	3,20	2,56	1,86	1,64	2,38	2,96

Теоретические вопросы №1 для текущей и промежуточной аттестации

по дисциплине физическая химия, 2 семестр
(наименование дисциплины)

Дидактическая единица: «Химическая термодинамика»

1. Дайте классификацию термодинамических систем и процессов. Приведите примеры.
2. Почему нельзя привести абсолютные значения внутренней энергии?
3. Приведите сравнительную характеристику теплоты и работы в виде таблицы:

Критерии (признаки) сравнения	Объекты сравнения	
	<i>A</i>	<i>Q</i>

4. Покажите, что закон Гесса является следствием первого закона термодинамики.
5. Какая величина ΔU или ΔH больше для процесса сгорания серы при 298 К.
6. Почему при определении интегральной теплоты растворения на 1 моль различных растворимых веществ берётся различное количество растворителя?
7. Как изменится ΔH реакции при повышении температуры, если изменения теплоёмкости в ходе этой реакции (в данном интервале температур) меньше нуля?
8. Изобразите схематически график зависимости ΔH некоторой реакции от T , если зависимость ΔC_p от T представлена уравнением $\Delta C_p = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^2$, где Δa , Δb и Δc больше нуля.
9. Как рассчитать теплоту сгорания органического соединения, располагая данными по теплотам образования различных веществ?
10. В чем заключается физико-химическая сущность калориметрического метода определения тепловых эффектов химических реакций?
Объясните постоянство теплот нейтрализации различных сильных кислот и оснований.
11. Почему при определении интегральной теплоты растворения на 1 моль различных растворимых веществ берётся различное количество растворителя?
12. Приведите несколько формулировок второго закона термодинамики (наиболее общую, подходящую для химических процессов), напишите его математическое выражение.
13. Изобразите схематически график (в координатах $S - T$) изменения энтропии для перехода воды из твёрдого в жидкое и газообразное состояния.
14. В каком из следующих процессов (изотермическом, изобарическом, изохорическом, адиабатическом) при их обратимом изменении не происходит изменение энтропии системы? Почему?
15. Какие параметры системы необходимо поддерживать постоянными, чтобы по знаку ΔS можно было бы судить о направлении самопроизвольного процесса?
16. Как выражается энтропия системы в целом, если, она состоит из трёх частей, характеризующихся, соответственно, энтропиями S_1 , S_2 и S_3 ?
17. Расположите этилен, ацетилен и этан в порядке понижения энтропии (при одинаковых условиях).
18. Объясните (на основании второго закона термодинамики), почему самопроизвольное протекание реакции возможно при $\Delta G < 0$ (а не при $\Delta G > 0$ и $\Delta G = 0$).
19. Жидкость превращается в пар при определённых температуре и давлении. Каково соотношение между ΔG и ΔF для этого процесса?
20. Дайте качественную характеристику термодинамического равновесия закрытой системы, в которой протекает химическая реакция.
21. Как можно определить, что в системе наступило равновесие?
22. Выразите константу равновесия реакции $AB_{(г)} = A_{(г)} + B_{(г)}$ через степень диссоциации AB и давление.
23. Выведите соотношения между K_p и K_c для равновесия: $2SO_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2SO_{3(г)}$.

24. Преобразуйте соотношение $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -RT \ln K$ так, чтобы было видно, как температура влияет на константу равновесия.
25. Предложите способ расчёта ΔG° , ΔH° и ΔS° на основе известных значений констант равновесия исследуемой химической реакции при двух температурах.
26. Константа равновесия некоторой реакции при 293 К равна $5 \cdot 10^{-3}$, а при 1000 К составляет $2 \cdot 10^{-6}$. Определите (без расчётов) знак ΔH этой реакции.
27. При повышении температуры давление в системе $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$ повышается. Определите знак изменения энтальпии реакции.
28. Для каких из указанных реакций уменьшение объёма сосуда приведёт к смещению равновесия в том же направлении, что и понижение температуры?
- а) $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{г})}$, $\Delta H > 0$;
б) $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{т})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{г})}$, $\Delta H > 0$;
в) $2\text{CO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{2(\text{г})}$, $\Delta H < 0$;
г) $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_2_{(\text{г})}$, $\Delta H < 0$.
29. Написать выражения константы равновесия для следующих реакций, протекающих по уравнениям:
- а) $\text{FeO}_{(\text{т})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{т})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$;
б) $2\text{HgO}_{(\text{т})} \rightleftharpoons 2\text{Hg}_{(\text{ж})} + \text{O}_{2(\text{г})}$;
в) $2\text{Cu}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{CuO}_{(\text{т})}$.

Дидактическая единица: «Растворы неэлектролитов»

30. Растворы. Различные шкалы выражения концентрации раствора. Как объяснить растворимость одного вещества в другом?
31. С какой целью в термодинамику вводится понятие «парциальное молярное свойство»? Что называют парциальной молярной величиной? Приведите примеры таких величин.
32. Сформулируйте основные различия понятий «молярное свойство» и «парциальное молярное свойство»?
33. Запишите уравнения Гиббса–Дюгема для бинарного раствора. Какова практическая значимость уравнений Гиббса–Дюгема?
34. Сформулируйте закон распределения. Каким закономерностям подчиняется распределение третьего вещества между двумя несмешивающимися растворителями? От чего зависит коэффициент распределения?
35. Определите степень извлечения йода из 500 мл водного раствора четыреххлористым углеродом при однократной экстракции 30 мл CCl_4 и при многократной экстракции тремя порциями по 10 мл CCl_4 . Какая экстракция более эффективна – однократная или многократная?
36. Напишите математические выражения закона Рауля для парциальных давлений пара компонентов и общего давления пара смеси и поясните их. Изобразите графически зависимость парциальных давлений пара компонентов и общего давления пара идеальной смеси от её состава.
37. Какие жидкости при смешивании образуют растворы, близкие к идеальным? Приведите несколько примеров.
38. В чем сущность криоскопического метода и для каких целей он применяется? Что такое криоскопическая постоянная? В чем ее физический смысл?
39. Как рассчитать приближенное значение эбуллиоскопической постоянной, зная только температуру кипения растворителя?
40. Что такое осмотическое давление? Как оно измеряется?

Дидактическая единица: «Фазовые равновесия»

41. Сформулируйте условие фазового равновесия и выведите его количественное выражение.

42. Дайте определение и приведите примеры следующих понятий: фаза (Φ), число компонентов (K), число термодинамических степеней свободы (C). Напишите уравнение правила фаз Гиббса в общем виде и для однокомпонентных систем. Сколько фаз может существовать и равновесно сосуществовать в однокомпонентной системе? Сколько невариантных точек может существовать в однокомпонентной системе? Приведите примеры.
43. Осуществите вывод уравнения Клаузиуса–Клапейрона, исходя из условия фазового равновесия и уравнения Гиббса–Гельмгольца ($dG = Vdp - SdT$). Объясните при помощи уравнения Клаузиуса–Клапейрона, почему давление насыщенного пара над жидкостью растёт при увеличении температуры.
44. Изобразите графически диаграммы кипения для идеальных смесей. Обозначьте области диаграммы. Сформулируйте правило рычага. Какие отклонения от идеальных растворов наблюдаются для смесей различных веществ, неограниченно растворимых друг в друге? Как объяснить эти отклонения?
45. Сформулируйте законы Коновалова и поясните их.
46. Какие смеси называются азеотропными? Каковы их свойства? Изобразите диаграмму «Состав - температура» с азеотропной точкой. Возьмите смеси, состояние которых выражается точками, расположенными до и после азеотропной точки, и опишите, какие изменения будут происходить со смесью, если давление поддерживать постоянным, а температуру повышать. Что будет отгоняться при дистилляции данных смесей? Какое практическое значение имеет перегонка с водяным паром?
47. Методы построения диаграмм плавкости (метод термического анализа и минимизации энергии Гиббса системы).
48. Схематически изобразите основные типы диаграмм плавкости не образующих химические соединения. Укажите все фазовые области на диаграммах. Что такое эвтектический раствор, линия ликвидуса и линия солидуса?
49. Классификация твердых растворов. Какие вещества образуют в твердом состоянии твердый раствор и механическую смесь кристаллов? При каких условиях образуются неограниченные твердые растворы?
50. Охарактеризуйте диаграммы плавкости систем, компоненты которых образуют химическое соединение. Что означает конгруэнтное и инконгруэнтное плавление химического соединения? Что называется точкой перитектики?

Комплект практических заданий для текущей и промежуточной аттестации

по дисциплине физическая химия, 2 семестр

(наименование дисциплины)

Дидактическая единица: «Химическая термодинамика»

1. Вычислить работу расширения, если 100 г водорода при 50 °С расширяются от 0,04 до 0,2 м³.
2. При 100 °С 6 г кислорода занимают объем 0,004 м³. Вычислите работу при изотермном расширении до объема 0,0045 м³.
3. Какое количество теплоты выделится при изотермном сжатии 0,015 м³ идеального газа при 36,8 °С и начальном давлении 1013 Па, если его объем уменьшится в 5 раз?
4. Газ, расширяясь от 0,01 до 0,016 м³ при постоянном давлении 1,013·10⁵ Па, поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии.
5. Определите количество теплоты, необходимое для нагревания 5 г азота от 15 до 25 °С при постоянном объеме.
6. Определите работу адиабатного сжатия 1 моль двухатомного идеального газа при повышении температуры от 15 до 25 °С.
7. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле H₂S по значению энтальпии образования вещества: $\Delta_f H^\circ = -20,15$ кДж/моль. Значения энтальпии образования атомарных газов H и S равны 218,0 и 277,2 кДж/г-атом, соответственно.
8. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле SiH₄ по значению энтальпии образования вещества: $\Delta_f H^\circ = -35$ кДж/моль. Значения энтальпии образования атомарных газов H и Si равны 218,0 и 451 кДж/моль, соответственно.
9. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле PCl₅ по значению энтальпии образования вещества: $\Delta_f H^\circ = -277$ кДж/моль. Значения энтальпии образования атомарных газов P и Cl равны 316,5 и 121,3 кДж/моль, соответственно.
10. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле NH₃ по значению энтальпии образования вещества: $\Delta_f H^\circ = -46,19$ кДж/моль. Значения энтальпии образования атомарных газов N и H равны 472,6 и 218,0 кДж/г-атом, соответственно.
11. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле H₂O в газообразном ($\Delta_f H^\circ = -241,84$ кДж/моль) и жидком ($\Delta_f H^\circ = -285,84$ кДж/моль) состояниях. Значения энтальпии образования атомарных газов H и O равны 218,0 и 249,2 кДж/г-атом, соответственно. Исходя из полученных данных, оценить вклад водородной связи в общую энергию химического взаимодействия.
12. Вычислить среднюю энергию химической связи в молекуле OF₂ по значению энтальпии образования вещества: $\Delta_f H^\circ = -25$ кДж/моль. Значения энтальпии образования атомарных газов O и F равны 249,2 и 79,4 кДж/г-атом, соответственно.
13. Найдите изменение энтропии при нагревании 1 моль кадмия от 25 до 727 °С, если температура плавления 321 °С и теплота плавления равна 6109 Дж/моль:

$$C_p(\text{Cd}_{\text{тв}}) = 22,22 + 12,30 \cdot 10^{-3} T \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K}),$$

$$C_p(\text{Cd}_{\text{ж}}) = 29,83 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K}).$$

14. Рассчитайте изменение энтропии 1 моль бензола при переходе из жидкого состояния при 25 °С в пар при 100 °С, если теплота испарения бензола 393,3 Дж/г, температура

кипения бензола 80,2 °С, молярная теплоемкость жидкого бензола $C_p(\text{ж}) = 136,1$ Дж/(моль·К), а молярная теплоемкость паров бензола

$$C_p(\text{г}) = -33,90 + 471,87 \cdot 10^{-3}T - 298,34 \cdot 10^{-6}T^2 + \\ + 70,84 \cdot 10^{-9}T^3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

15. Найдите изменение энтропии при нагревании 1 моль ацетона от 25 до 100 °С, если удельная теплота испарения ацетона равна 514,6 Дж/г, температура кипения равна 56 °С, молярная теплоемкость жидкого ацетона $C_p(\text{ж}) = 125$ Дж/(моль·К), а молярная теплоемкость паров ацетона

$$C_p(\text{г}) = 22,47 + 201,8 \cdot 10^{-3}T - 63,5 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

16. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 2 моль метанола от 25 °С до 100 °С, если удельная теплота испарения метанола 1100,4 Дж/г, температура кипения метанола 64,7 °С, молярная теплоемкость жидкого метанола $C_p(\text{ж}) = 81,56$ Дж/(моль·К), а молярная теплоемкость паров метанола

$$C_p(\text{г}) = 15,28 + 105,2 \cdot 10^{-3}T - 31,04 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

17. Найдите изменение энтропии при нагревании 1 моль этанола от 25 до 100 °С, если удельная теплота испарения этанола равна 863,6 Дж/г, температура кипения равна 78,3 °С, молярная теплоемкость жидкого этанола $C_p(\text{ж}) = 111,4$ Дж/(моль·К), а молярная теплоемкость паров этанола

$$C_p(\text{г}) = 19,07 + 212,7 \cdot 10^{-3}T - 108,6 \cdot 10^{-6}T^2 + \\ + 21,9 \cdot 10^{-9}T^3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

18. Найдите изменение энтропии при нагревании 1 моль толуола от 25 до 150 °С, если удельная теплота испарения толуола равна 347,3 Дж/г, температура кипения равна 110,6 °С, молярная теплоемкость жидкого толуола $C_p(\text{ж}) = 166$ Дж/(моль·К), а молярная теплоемкость паров толуола

$$C_p(\text{г}) = -33,88 + 557,0 \cdot 10^{-3}T - 342,4 \cdot 10^{-6}T^2 + \\ + 79,87 \cdot 10^{-9}T^3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

19. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{C}_2\text{H}_{4(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} + 2\text{CO}_{2(\text{г})}.$

20. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}.$

21. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{CO}_{(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{CH}_{4(\text{г})}.$

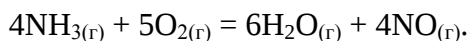
22. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $4\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{SO}_{2(\text{г})} = \text{S}_{2(\text{г})} + 4\text{CO}_{2(\text{г})}.$

23. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{C}_6\text{H}_{6(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = \text{C}_6\text{H}_{12(\text{ж})}.$

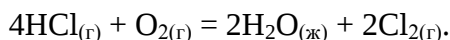
24. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})}.$

25. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):
 $\text{CO}_{2(\text{г})} + 4\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} + \text{CH}_{4(\text{г})}.$

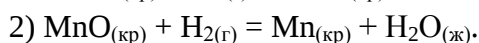
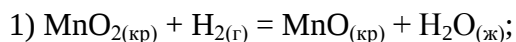
26. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):



27. Определите, возможно ли протекание следующего процесса при 500 К ($C_p = \text{const}$):



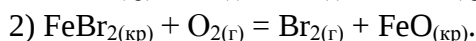
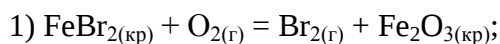
28. Восстановление MnO_2 водородом будет протекать в две стадии:



На основании приведенных ниже термодинамических данных оцените в нулевом приближении ($\Delta C_p = 0$), будет ли MnO_2 восстанавливаться до металла в области температур 298–1000 К?

	$\text{MnO}_{2(\text{г})}$	$\text{H}_{2(\text{г})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$\text{MnO}_{(\text{г})}$	$\text{Mn}_{(\text{г})}$
$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	–520,0	0	–285,8	–385,2	–574
S_{298}° , Дж/(моль·К)	53,1	130,7	69,96	59,7	32,0

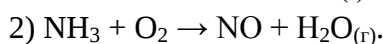
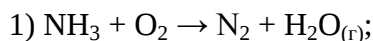
29. Окисление FeBr_2 кислородом может протекать в соответствии с реакциями:



Пользуясь табличными данными, определите до какого состояния будет окисляться FeBr_2 в области температур 500–1000 К?

	$\text{FeBr}_{2(\text{г})}$	$\text{O}_{2(\text{г})}$	$\text{Br}_{2(\text{г})}$	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{г})}$	$\text{FeO}_{(\text{г})}$
$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	–249,8	0	30,9	–824,2	–272,0
S_{298}° , Дж/(моль·К)	140,6	205,2	245,5	87,4	61

30. Окисление аммиака кислородом может протекать в соответствии с реакциями:



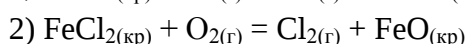
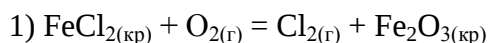
Пользуясь табличными данными, рассчитайте, какой из указанных продуктов окисления будет находиться в избытке при 1000 К?

	$\text{NH}_{3(\text{г})}$	$\text{O}_{2(\text{г})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	$\text{NO}_{(\text{г})}$	$\text{N}_{2(\text{г})}$
$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	–45,9	0	–241,8	91,3	0
S_{298}° , Дж/(моль·К)	192,8	205,2	188,8	210,8	191,5

31. Используя приведенные ниже табличные данные, определите возможность восстановления твердых FeCl_3 и FeF_3 водородом до металла. Оцените температуры восстановления.

	$\text{FeCl}_{3(\text{т})}$	$\text{FeF}_{3(\text{г})}$	$\text{H}_{2(\text{г})}$	$\text{HCl}_{(\text{г})}$	$\text{HF}_{(\text{г})}$	$\text{Fe}_{(\text{г})}$
$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	–399,5	–1042	0	–92,3	–268,6	0
S_{298}° , Дж/(моль·К)	142,3	98	130,7	186,7	173,5	27,3

32. Окисление FeCl_2 кислородом может протекать в соответствии с реакциями:



Пользуясь табличными данными, оцените, до какого состояния будет окисляться FeCl_2 в области температур 500–1000 К?

	$\text{FeCl}_{2(\text{г})}$	$\text{O}_{2(\text{г})}$	$\text{Cl}_{2(\text{г})}$	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{г})}$	$\text{FeO}_{(\text{г})}$
$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	–341,8	0	0	–824,2	–272,0

S_{298}° , Дж/(моль·К)	118,0	205,2	223,1	87,4	61
---------------------------------	-------	-------	-------	------	----

33. Используя табличные данные, определите возможность восстановления твердых NiCl_2 и NiF_2 водородом до металла. Оцените температуры, при которых будет происходить восстановление.

	$\text{NiCl}_{2(\text{т})}$	$\text{NiF}_{2(\text{г})}$	$\text{H}_{2(\text{г})}$	$\text{HCl}_{(\text{г})}$	$\text{HF}_{(\text{г})}$	$\text{Ni}_{(\text{т})}$
$\Delta_f H_{298}^{\circ}$, кДж/моль	-305,3	-651,4	0	-92,3	-268,61	0
S_{298}° , Дж/(моль·К)	97,7	73,6	130,7	186,7	173,51	29,9

34. Для реакции $2\text{HI}_{(\text{г})} = \text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})}$ константа равновесия $K_p = 1,83 \cdot 10^{-2}$ при 698,6 К. Сколько граммов HI образуется при нагревании до этой температуры 10 г I_2 и 0,2 г H_2 в трехлитровом сосуде? Чему равны парциальные давления H_2 , I_2 и HI?

35. Константа равновесия реакции $\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})}$ при 500 К равна $K_p = 6,09 \cdot 10^{-3}$. Рассчитайте общее давление, необходимое для получения метанола с 90 % выходом, если CO и H_2 взяты в соотношении 1: 2.

36. Константа равновесия газовой реакции изомеризации борнеола ($\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$) в изоборнеол равна 0,106 при 503 К. Смесь 7,5 г борнеола и 14,0 г изоборнеола поместили в сосуд объемом 5 л и выдерживали при 503 К до достижения равновесия. Рассчитайте молярные доли и массы борнеола и изоборнеола в равновесной смеси.

37. Равновесие в реакции $2\text{NOCl}_{(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})}$ устанавливается при 227 °С и общем давлении 1,0 бар, когда парциальное давление NOCl равно 0,64 бар (изначально присутствовал только NOCl). Рассчитайте $\Delta_r G^{\circ}$ этой реакции. При каком общем давлении парциальное давление Cl_2 будет равно 0,10 бар?

38. Рассчитайте общее давление, которое необходимо приложить к смеси 3 частей H_2 и 1 части N_2 , чтобы получить равновесную смесь, содержащую 10 % NH_3 по объему при 400 °С. Константа равновесия для реакции

$\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ при 400 °С равна $K_p = 1,60 \cdot 10^{-4}$.

39. При 2000 °С для реакции $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})}$ $K_p = 2,5 \cdot 10^{-3}$. В равновесной смеси N_2 , O_2 , NO и инертного газа при общем давлении 1 бар содержится 80 % (по объему) N_2 и 16 % O_2 . Сколько процентов по объему составляет NO? Чему равно парциальное давление инертного газа?

40. Определите константу равновесия реакции $\text{SO}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 1/2\text{O}_{2(\text{г})} + \text{SO}_{3(\text{г})}$ при 700 К, если при 500 К константа равновесия равна $K_p = 2,14 \cdot 10^{-5}$, а энтальпия реакции равна $\Delta_r H = -97,8$ кДж/моль. 2. Константа равновесия реакции $\text{N}_2\text{O}_{4(\text{г})} = 2\text{NO}_{2(\text{г})}$ при 25 °С равна $K_p = 0,143$. Рассчитайте давление, которое установится в сосуде объемом 1 л, в который поместили 1 г N_2O_4 при этой температуре.

41. Сколько молей PCl_5 нужно добавить в литровый сосуд при 250 °С, чтобы получилась концентрация хлора, равная 0,1 моль/л?

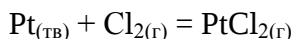
Дано: $K_p = (p_{\text{PCl}_3} \cdot p_{\text{Cl}_2}) / p_{\text{PCl}_5} = 1,78$ атм.

42. Для реакции $\text{C}_{(\text{тв})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_{4(\text{г})}$ $K_p = 0,263$ атм⁻¹ при 1000 °С. Рассчитать общее давление в сосуде объемом 2 л, в который предварительно поместили 0,100 моля CH_4 , нагрели до 1000 °С и дождались установления термодинамического равновесия.

43. При 2000 К и общем давлении 1 атм 2% воды диссоциировано на водород и кислород. (а) Рассчитать K_p . (б) Увеличится или уменьшится степень диссоциации при понижении

общего давления? (в) Как изменится степень диссоциации при добавлении в систему газообразного аргона при сохранении общего давления равным 1 атм?

44. При нагревании платины в среде газообразного хлора протекает реакция:



При 1000 К $\Delta_r G = 3,35$ кДж/моль. Каким будет парциальное давление PtCl_2 , если давление Cl_2 равно 1 атм? Оценить равновесное давление хлора над PtCl_2 при 500 К если энтальпия реакции равна $\Delta_r H = -30,35$ кДж/моль.

45. Константа равновесия реакции $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$ при 500 °С равна $K_p = 5,5$. Смесь, состоящую из 1 моль CO и 5 моль H_2O , нагрели до этой температуры. Рассчитайте мольную долю H_2O в равновесной смеси.

46. Для реакции $\text{A}_{(\text{г})} + \text{B}_{(\text{г})} = \text{AB}_{(\text{г})}$ $\Delta G = -478$ Дж/моль при 273°С. Какое общее давление нужно установить в эквимольной смеси А и Б, чтобы 40% смеси превратилось в АВ?

47. Для реакции $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CH}_{4(\text{г})} = \text{C}_2\text{H}_{4(\text{г})}$ $K_p = 0,01$ при 1000 °С. Рассчитать общее давление в сосуде объемом 2 л, в который предварительно поместили 0,100 моля C_2H_4 , нагрели до 1000 °С и дождались установления термодинамического равновесия.

Дидактическая единица: «Растворы неэлектролитов»

1. 68,4 г сахарозы растворено в 1000 г воды. Рассчитайте: а) давление пара; б) осмотическое давление; в) температуру замерзания; г) температуру кипения раствора. Давление пара чистой воды при 20 °С равно 2314,9 Па. Криоскопическая и эбуллиоскопическая постоянные воды равны 1,86 и 0,52 К·кг·моль⁻¹ соответственно.

2. Раствор, содержащий 0,217 г серы и 19,18 г CS_2 , кипит при 319,304 К. Температура кипения чистого CS_2 равна 319,2 К. Эбуллиоскопическая постоянная CS_2 равна 2,37 К·кг·моль⁻¹. Сколько атомов серы содержится в молекуле серы, растворенной в CS_2 ?

3. Раствор, содержащий 0,81 г углеводорода $\text{H}(\text{CH}_2)_n\text{H}$ и 190 г бромэтана, замерзает при 9,47°С. Температура замерзания бромэтана 10,00°С, криоскопическая постоянная 12,5 К·кг·моль⁻¹. Рассчитайте n .

4. Плотность 50 %-ного (по массе) раствора этанола в воде при 25°С равна 0,914 г/см³. Рассчитайте парциальный молярный объем этанола в этом растворе, если парциальный молярный объем воды равен 17,4 см³/моль.

5. Плотность водного раствора, содержащего 30 % (масс.) NH_3 при 15°С, составляет 0,8951 г/см³, а парциальный молярный объем воды 18,0 см³/моль. Рассчитайте парциальный молярный объем аммиака в этом растворе.

6. Раствор, содержащий 60 % (масс.) метанола в воде, имеет плотность 0,895 г/см³ при 20°С. Парциальный молярный объем воды в растворе этого состава равен 16,8 см³/моль. Рассчитать парциальный молярный объем спирта.

7. Смесь $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ и C_6H_6 содержит 30 % (мас.) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$. При 30°С давление пара чистого $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ равно 48,9 гПа, а давление пара чистого C_6H_6 – 157,5 гПа. Принимая, что эти две жидкости образуют идеальный раствор, рассчитать общее и парциальные давления каждого компонента над раствором при этой температуре.

8. Парциальные молярные объемы ацетона и хлороформа в растворе с мольной долей хлороформа 0,4693 равны 74,166 и 80,235 см³·моль⁻¹ соответственно. Рассчитайте объем такого раствора, имеющего массу 1 кг.

9. Плотность 50 %-ного (по массе) раствора этанола в воде при 25°C равна 0,914 г/см³. Рассчитайте парциальный мольный объём этанола в этом растворе, если парциальный мольный объём воды равен 17,4 см³/моль.
10. Смесь C₆H₅CH₃ и C₆H₆ содержит 30 % (мас.) C₆H₅CH₃. При 30 °C давление пара чистого C₆H₅CH₃ равно 48,9 гПа, а давление чистого C₆H₆ – 157,5 гПа. Принимая, что эти жидкости образуют идеальный раствор, рассчитать общее и парциальные давления каждого компонента над раствором при этой температуре.
11. При 140 °C давление пара C₆H₅Cl равно 1252 гПа, а давление пара C₆H₅Br – 661 гПа. Принимая, что эти жидкости образуют идеальный раствор, определите состав смеси, которая кипит при 140 °C и 1013 гПа. Каким будет состав пара при этой температуре?
12. При 60 °C давление пара этанола равно 470 гПа, а давление пара метанола – 833 гПа. Смесь этих спиртов, которую можно считать идеальной, содержит 50 % (мас.) каждого компонента. Каков состав пара над раствором при этой температуре?
13. Раствор, приближающийся по свойствам к идеальным, состоящий из бензола и толуола, содержит 30 % толуола. Определите давление пара раствора и состав пара, выразив его в мольных долях. Давление пара бензола 160 гПа, а толуола 48,9 гПа.
14. Рассчитайте давление и состав пара над раствором, содержащим 20 % (мас.) *o*-ксилола, 30 % (мас.) *m*-ксилола, 50 % (мас.) *n*-ксилола. При 80 °C и если его считать идеальным. Давление пара чистых веществ принять равным соответственно 145,2; 154,2 и 190,1 гПа.
15. Этанол и метанол при смешении образуют раствор. Приближающийся к идеальному. Давление паров этанола 59, а метанола 118 гПа при 20 °C. Рассчитайте молярные доли метанола и этанола в растворе, содержащем по 100 г каждого; парциальные и общее давление паров раствора; молярную долю метанола в паре.

Дидактическая единица: «Фазовые равновесия»

1. Температура плавления бензола 5,6 °C, разность удельных объемов в жидком и твердом состоянии соответствует 1,301·10⁻⁵ м³/кг. Найти изменение температуры плавления при увеличении давления до 1013 гПа. Скрытая теплота 128,0 кДж/кг.
2. Давление паров воды при 99,5 °C равно 995 гПа, при 100,5 °C – 1031 гПа. Удельный объём насыщенного пара при 100 °C составляет 1,658 м³/кг. Какова теплота испарения при 100 °C. Плотность жидкой воды при 100 °C примите равной 1·10³ кг/м³.
3. Плотность твердого и жидкого железа при температуре плавления соответственно равна 7,868·10³ и 6,88·10³ кг/м³. Изменение температуры плавления при повышении давления на 1 Па равно 1,214·10⁻⁷ К/Па. Температура плавления железа 1535 °C. Определите теплоту плавления 1 кг железа.
4. Скрытая теплота плавления воска при 52,7 °C и давлении 1,0133·10⁵ Па равна 147,9 кДж/кг. Прирост удельного объема при плавлении составляет 0,125·10⁻³ м³/кг. Определите температуру плавления воска при давлении 20,26·10⁵ Па.
5. Теплота плавления, плотность жидкой и твердой воды характеризуются следующими значениями 332,13 кДж/кг; 999,86 кг/м³ и 916,8 кг/м³ соответственно. Вычислите температуру плавления воды при давлении 7,5·10⁸ Па и температурный коэффициент давления в тройной точке (273,16 К; 611,657 Па).

6. Давление пара хлороформа при 40 °С равно 49198 Па, а при 50 °С равно 71330,69 Па. Вычислите энтальпию и энтропию испарения хлороформа, а также температуру его кипения.

7. Давление пара метилового спирта при 20 °С равно 12554 Па, а при 40 °С равно 34551 Па. Определите молярную теплоту испарения и энтропию испарения метилового спирта, а также температуру его кипения.

8. Давление насыщенного пара вещества при 589 К составляет 101,3 кПа. При какой температуре будет перегоняться вещество, если в перегонном аппарате поддерживается давление в 2,0 кПа. Теплоту испарения оцените по эмпирической формуле Трутона.

9. Нормальная температура кипения бензола равна 80,1 °С. При какой температуре будет кипеть бензол, если давление составляет 0,0385 МПа? Теплоту испарения оцените по формуле Трутона.

10. Теплота плавления и плотности жидкой и твердой ртути при температуре тройной точки (234,29 К) равна соответственно $11,8 \cdot 10^3$ Дж/кг, 13690 и 14193 кг/м³. Вычислите давление, при котором температура плавления станет равной 235,29 К.

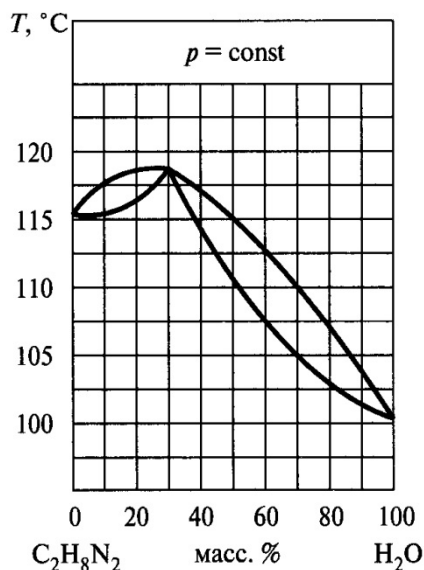
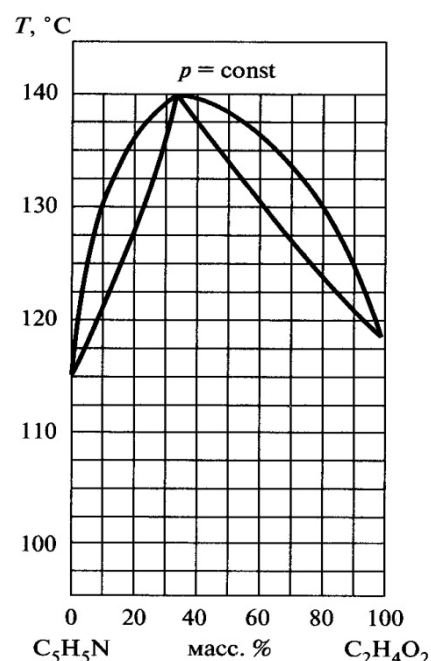
11. По диаграмме состояния системы «пиридин – уксусная кислота» определите:

а) какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;

б) при какой температуре закипит смесь, состоящая из 40 % пиридина и 60 % уксусной кислоты;

в) каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;

г) что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.



12. По диаграмме состояния системы «этилендиамин – вода» определите:

а) какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;

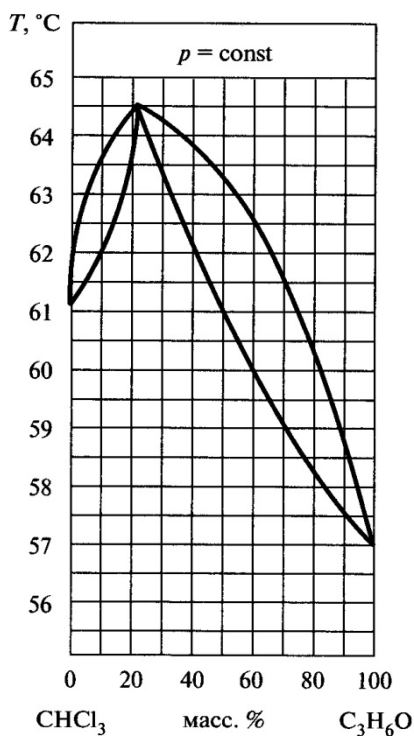
б) при какой температуре закипит смесь, состоящая из 40 % этилендиамина и 60 % воды;

в) каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;

г) что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.

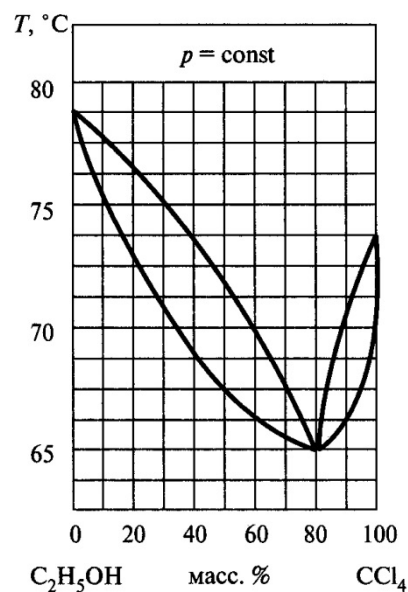
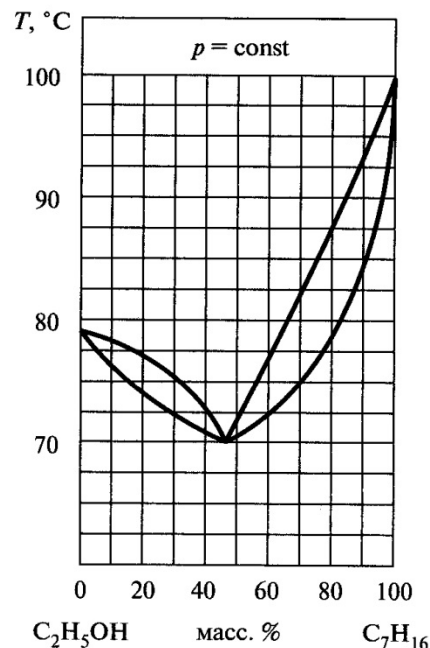
13. По диаграмме состояния системы «этанол – гептан» определите:

- какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;
- при какой температуре закипит смесь, состоящая из 70 % гептана и 30 % этанола;
- каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;
- что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.



14. По диаграмме состояния системы «хлороформ – ацетон» определите:

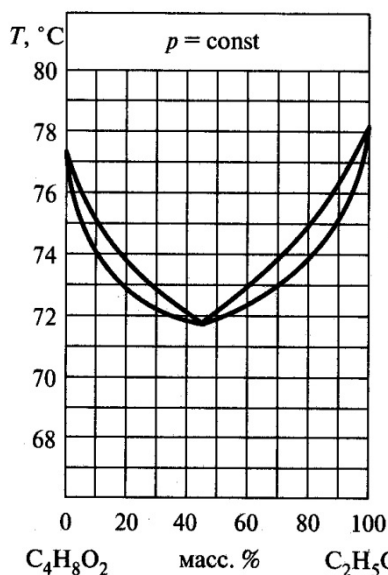
- какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;
- при какой температуре закипит смесь, состоящая из 40 % хлороформа и 60 % ацетона;
- каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;
- что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.



15. По диаграмме состояния системы «этанол – четыреххлористый углерод» определите:

- какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;
- при какой температуре закипит смесь, состоящая из 30 % четыреххлористого углерода и 70 % этанола;
- каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;

г) что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.

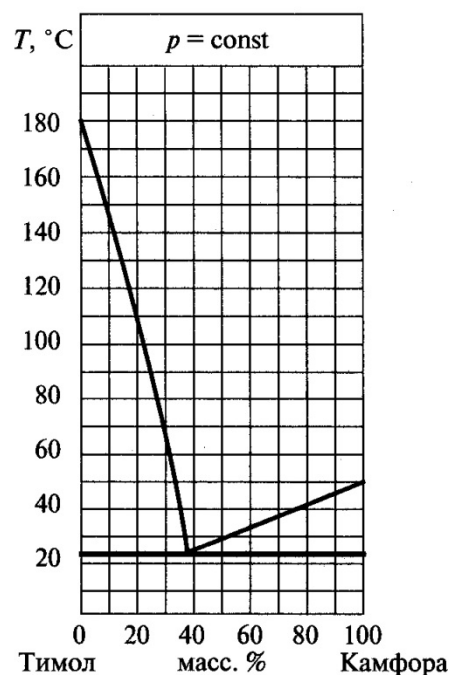


16. По диаграмме состояния системы «этилацетат – этанол» определите:

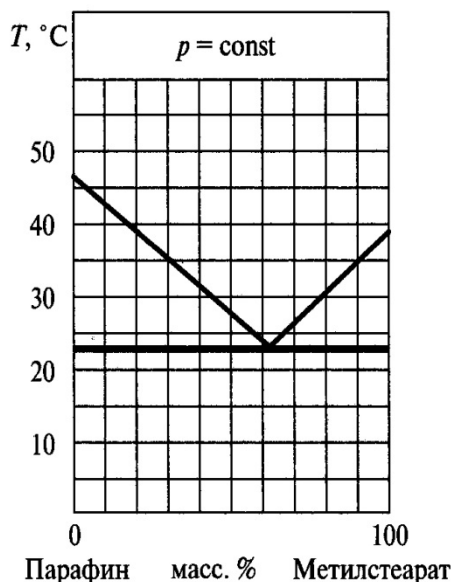
- какие отклонения от закона Рауля характерны для данной системы; положение точки азеотропного состава;
- при какой температуре закипит смесь, состоящая из 80 % этанола и 20 % этилацетата;
- каков состав паровой фазы, образующейся в момент закипания указанной выше смеси;
- что получим в дистилляте и кубовом остатке после перегонки указанной смеси в ректификационной колонне; какова их масса и состав, если исходная масса системы составляет 10 кг.

17. По диаграмме плавкости системы «тимол – камфора» рассмотреть процесс охлаждения расплава, содержащего 20 % камфоры от температуры 180 °C до 10 °C. Для каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

- дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;
- назовите равновесные фазы;
- определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- постройте кривую охлаждения данного расплава;
- при температуре 60 °C для данной системы



вычислите массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 400 г первоначального расплава.



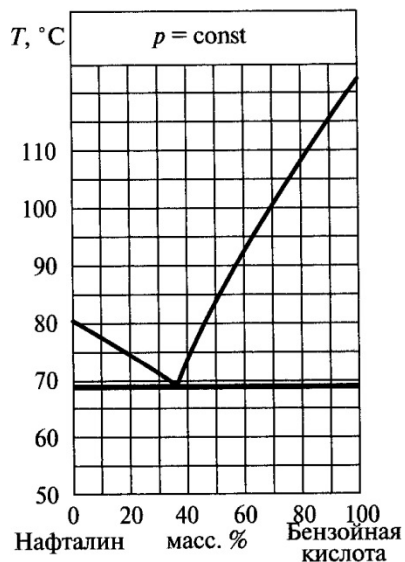
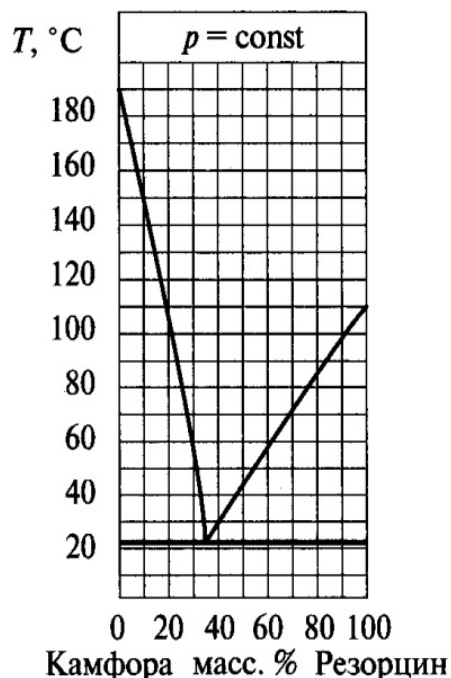
18. По диаграмме плавкости системы «парафин – метилстеарат» рассмотреть процесс охлаждения расплава, содержащего 30 % метилстеарата от температуры 60 °C до 10 °C. Для каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

- дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;

- б) назовите равновесные фазы;
- в) определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- г) постройте кривую охлаждения данного расплава;
- д) при температуре 30 °С для данной системы вычислите массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 500 г первоначального расплава.

19. По диаграмме плавкости системы «камфора – резорцин» рассмотреть процесс охлаждения расплава, содержащего 20 % резорцина от температуры 180 °С до 10 °С. Для каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

- а) дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;
- б) назовите равновесные фазы;
- в) определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- г) постройте кривую охлаждения данного расплава;
- д) при температуре 50 °С для данной системы вычислите массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 600 г первоначального расплава.



20. По диаграмме плавкости системы «нафталин – бензойная кислота» рассмотреть процесс охлаждения расплава, содержащего 70 % бензойной кислоты от температуры 120 °С до 60 °С. Для каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

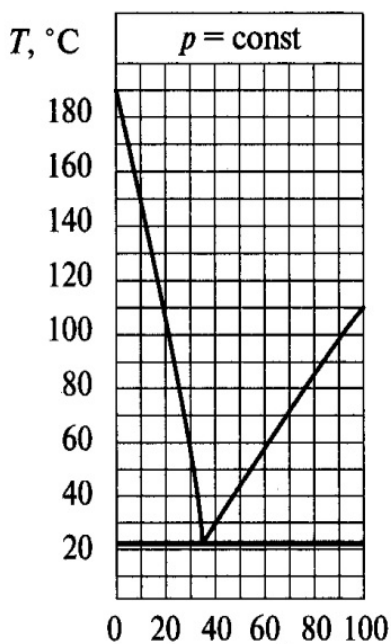
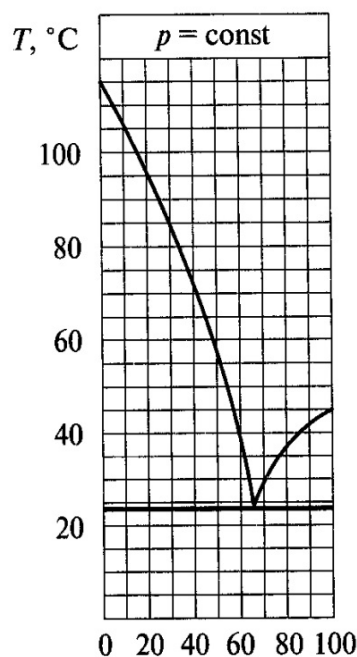
- а) дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;
- б) назовите равновесные фазы;
- в) определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- г) постройте кривую охлаждения данного расплава;
- д) при температуре 80 °С для данной системы вычислите

массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 500 г первоначального расплава.

21. По диаграмме плавкости системы «фенилсалицилат – фенол» рассмотреть процесс охлаждения расплава, содержащего 30 % фенола от температуры 110 °С до 10 °С. Для

каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

- дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;
- назовите равновесные фазы;
- определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- постройте кривую охлаждения данного расплава;
- при температуре 50 °С для данной системы вычислите массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 500 г первоначального расплава.



Камфора масс. % Резорцин

содержащего 80 % резорцина от температуры 140 °С до 10 °С. Для каждой точки, расположенной на пересечении линии состава рассматриваемой системы с линиями диаграммы и в промежутках между ними:

- дайте наименование точки и определите, что происходит в ней;
- назовите равновесные фазы;
- определите число фаз и число степеней свободы; поясните, что означает данное число степеней свободы;
- постройте кривую охлаждения данного расплава;
- при температуре 50 °С для данной системы вычислите массы равновесных (твердой и жидкой) фаз, полученных из 600 г первоначального расплава.

Комплект практических заданий для текущей аттестации
по дисциплине физическая химия, 2 семестр
(наименование дисциплины)

Задание № 1

1. Вычислите тепловой эффект реакции А при 298 К: а) при $P = \text{const}$; б) при $V = \text{const}$. Тепловые эффекты образования веществ при стандартных условиях возьмите из справочника [1]. Вариант см. в табл. 1.
2. Вычислить тепловые эффекты химических реакций в растворах при 298 К по стандартным теплотам образования химических соединений и ионов [1]. Вариант см. в табл. 2.
3. Вычислите тепловой эффект образования вещества А из простых веществ при 298 К и стандартном давлении, если известна его теплота сгорания при этой температуре и стандартном давлении [2]. Сгорание происходит до $\text{CO}_{2(\text{г})}$ и $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$. Вариант см. в табл. 3.
4. Вычислите выделяющуюся или поглощающуюся теплоту при разбавлении a кг водного $b\%$ -ного раствора вещества А в c кг воды при 298 К. Для расчета воспользоваться справочными данными об интегральных теплотах растворения [1]. Вариант см. в табл. 4.
5. Вычислить теплоты образования органических веществ по энергиям связей [1] при 298 К. По полученным значениям теплот образования для газов вычислить теплоты образования для указанного агрегатного состояния и рассчитать расхождение между вычисленными и табличными данными. Вариант см. в табл. 5.

Таблица 1.

№ варианта	Реакция А	№ варианта	Реакция А
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}(\text{ж})$	14	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 2\text{Cl}_2$	15	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
3	$\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	16	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S}(\text{ромб}) + 2\text{CO}_2$
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	17	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2(\text{г})$
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	18	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	19	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
7	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$	20	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$
8	$\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	21	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
9	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	22	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$
10	$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$	23	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
11	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	24	$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{г}) + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж})$
12	$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	25	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж}) + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}$
13	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$		

Таблица 2.

№ варианта	Уравнения реакций
1	$3\text{Cu}(\text{т}) + 8\text{HNO}_3 \text{ аq} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ аq} + 2\text{NO}(\text{г}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
2	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{т}) = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ аq}$
3	$2\text{As}(\text{т}) + 5\text{Cl}_2(\text{г}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = 2\text{H}_3\text{AsO}_4 \text{ аq} + 10\text{HCl} \text{ аq}$
4	$\text{NO}(\text{г}) + \text{NO}_2(\text{г}) + 2\text{NaOH} \text{ аq} = 2\text{NaNO}_2 \text{ аq} + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
5	$2\text{HNO}_2 \text{ аq} + 2\text{HI} \text{ аq} = \text{I}_2(\text{г}) + 2\text{NO}(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
6	$\text{Ag}(\text{т}) + \text{FeCl}_3 \text{ аq} = \text{AgCl}(\text{т}) + \text{FeCl}_2 \text{ аq}$
7	$\text{SO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{NO}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ аq} + \text{NO}(\text{г})$
8	$3\text{P}(\text{т}) + 5\text{HNO}_3 \text{ аq} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = 3\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ аq} + 5\text{NO}(\text{г})$
9	$\text{HNO}_3 \text{ аq} + 3\text{HCl} \text{ аq} = 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{NOCl}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$
10	$2\text{NO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = \text{HNO}_3 \text{ аq} + \text{HNO}_2 \text{ аq}$
11	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{т}) + 6\text{NaCl} \text{ аq} = 2\text{AlCl}_3 \text{ аq} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ аq}$
12	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ аq} + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{т}) = \text{CaCO}_3(\text{т}) + 2\text{NaOH} \text{ аq}$
13	$3\text{Hg}(\text{ж}) + 8\text{HNO}_3 \text{ аq} = 3\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \text{ аq} + 2\text{NO}(\text{г}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
14	$2\text{NaOH} \text{ аq} + \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \text{ аq} = 2\text{NaNO}_3 \text{ аq} + \text{HgO}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
15	$\text{CaSO}_4(\text{т}) + \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ аq} = \text{CaCO}_3(\text{т}) + \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ аq}$
16	$2\text{KMnO}_4 \text{ аq} + 16\text{HCl} \text{ аq} = 2\text{KCl} \text{ аq} + 2\text{MnCl}_2 \text{ аq} + 8\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 5\text{Cl}_2(\text{г})$
17	$\text{Cu}(\text{т}) + 2\text{AgNO}_3 \text{ аq} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ аq} + 2\text{Ag}(\text{т})$
18	$\text{Cd}(\text{т}) + \text{CuSO}_4 \text{ аq} = \text{CdSO}_4 \text{ аq} + \text{Cu}(\text{т})$
19	$\text{Cu}(\text{т}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ аq} = \text{CuSO}_4 \text{ аq} + \text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
20	$\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{SO}_3(\text{г}) = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ аq}$
21	$\text{I}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{Na}_2\text{SO}_3 \text{ аq} = 2\text{HI} \text{ аq} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ аq}$
22	$2\text{HMnO}_4 \text{ аq} + 5\text{HNO}_2 \text{ аq} = 2\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \text{ аq} + \text{HNO}_3 \text{ аq} + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
23	$2\text{NO}_2(\text{г}) + 2\text{NaOH} \text{ аq} = \text{NaNO}_3 \text{ аq} + \text{NaNO}_2 \text{ аq} + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
24	$\text{SO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + \text{NO}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ аq} + \text{NO}(\text{г})$
25	$\text{MnO}_2(\text{т}) + 4\text{HCl} \text{ аq} = \text{MnCl}_2 \text{ аq} + \text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$

Таблица 3.

№ варианта	Вещество А	Формула	Состояние	Теплота сгорания, ккал/моль
1	Уксусная кислота	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	ж	-209,4
2	1,1-дихлорэтан	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	ж	-267,1
3	1,2-дихлорэтан	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	г	-271,0
4	Этиленгликоль	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	ж	-281,9
5	Диметиламин	$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$	ж	-416,7
6	Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	ж	-426,8
7	Пропионитрил	$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}$	ж	-456,4
8	Изопропиловый спирт	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	ж	-474,8
9	Пропиловый спирт	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	ж	-480,5
10	Глицерин	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	ж	-397,0
11	Бутиронитрил	$\text{C}_4\text{H}_7\text{N}$	ж	-613,3
12	Бутиловый спирт	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	ж	-638,6
13	Бензойная кислота	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	тв	-771,2
14	Диэтиловый эфир	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	ж	-651,7
15	Пиридин	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	ж	-658,5
16	Амиловый спирт	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	ж	-793,7
17	Этиловый спирт	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	ж	-327,6
18	Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	ж	-739,2
19	Фенол	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$	тв	-732,2
20	Гидрохинон	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$	тв	-683,7
21	Анилин	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	ж	-811,7
22	Циклогексанол	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$	ж	-890,7
23	Ацетонитрил	$\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$	ж	-302,4
24	Бензиловый спирт	$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$	ж	-894,3
25	Гептанол-1	$\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$	ж	-1104,9

Таблица 4.

№ варианта	Вещество А	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	№ варианта	Вещество А	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	HCl	1	26	2	14	KOH	4	45	3
2	HCl	2	38	3	15	KOH	5	40	1
3	HCl	3	30	4	16	KOH	1	35	2
4	H ₂ SO ₄	4	90	1	17	HNO ₃	2	50	4
5	H ₂ SO ₄	5	80	2	18	HNO ₃	3	40	5
6	H ₂ SO ₄	1	70	3	19	NH ₃	4	30	10
7	H ₂ SO ₄	2	60	3	20	LiCl	5	30	3
8	HCl	3	34	1	21	LiBr	1	45	2
9	NaOH	4	30	1	22	NaBr	2	40	6
10	NaOH	5	25	2	23	KI	3	50	6
11	NaOH	1	40	3	24	NaCl	4	26	10
12	NaOH	2	35	4	25	NaI	5	30	10
13	KOH	3	50	2					

Таблица 5.

№ варианта	Вещество А	Формула	Состояние	Теплота образования, кДж/моль	Теплота испарения, кДж/моль
1	Глицерин	C ₃ H ₈ O ₃	ж	-659,4	76,023
2	Бутиловый спирт	C ₄ H ₁₀ O	ж	-369,5	39,67
3	Метилэтилкетон	C ₄ H ₈ O	ж	-278,99	37,45
4	Амиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	ж	-398,73	46,024
5	Валериановая к-та	C ₅ H ₁₀ O ₂	ж	-548,1	44,016
6	Гексиловый спирт	C ₆ H ₁₄ O	ж	-395,15	64,85
7	Бензиловый спирт	C ₇ H ₈ O	ж	-161,04	50,46
8	Амиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	ж	-360,1	52,09
9	Циклогексанол	C ₆ H ₁₂ O	ж	-350,83	45,48
10	Ацетон	C ₃ H ₆ O	ж	-247,7	35,3
11	Этиленгликоль	C ₂ H ₆ O ₂	ж	-454,8	56,9
12	Пропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	ж	-306,6	46,233
13	2,2-диметилбутан	C ₆ H ₁₄	ж	-211,9	26,36
14	Диэтиламин	C ₄ H ₁₁ N	ж	-125,94	31,982
15	Уксусноэтиловый эфир	C ₄ H ₈ O ₂	ж	-469,5	36,39
16	Этиловый спирт	C ₂ H ₆ O	ж	-278,32	43,22
17	Уксусная кислота	C ₂ H ₄ O ₂	ж	-484,9	47,5
18	2,4-диметилпентан	C ₇ H ₁₆	ж	-231,7	29,62
19	Диметилацетилен	C ₄ H ₆	ж	-119,8	26,53
20	Аллиловый спирт	C ₃ H ₆ O	ж	-186,2	39,67
21	Ацетальдегид	C ₂ H ₄ O	ж	-190,4	24,4
22	Нитрометан	CH ₃ O ₂ N	ж	-113,0	38,271
23	Нитроэтан	C ₂ H ₅ O ₂ N	ж	-140,1	38,07
24	1-нитропропан	C ₃ H ₇ O ₂ N	ж	-167,6	43,38
25	Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	ж	-247,7	35,3

Задание № 2.

1. Вычислите ΔS для процессов перехода 1 моль газа А из состояния 1 ($p_1 = 1,013 \cdot 10^5$ Па, $T_1 = 298$ К) в состояние 2 (p_2, T_2). Вариант см. в табл. 6.
2. 1) Определите ΔS при смешении V_A м³ газа А и V_B м³ газа В, если исходные температура и давления одинаковы и равны конечным (298 К, $1,01 \cdot 10^5$ Па). Конечный объем смеси $V_k = V_A + V_B$. Принять, что данные вещества подчиняются законам идеальных газов. Вариант см. в табл. 7.
- 2) Вычислите возрастание энтропии при смешении V_A м³ газа А при температуре T_A и V_B м³ газа В при температуре T_B . Процесс осуществляется при $V = \text{const}$. Принять, что данные вещества подчиняются законам идеальных газов, начальное давление $1,013 \cdot 10^5$ Па, конечное давление смеси p . Вариант см. в табл. 7.
3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании при постоянном давлении в интервале температур от T_1 до T_2 г г вещества А. Температурные ряды теплоемкости возьмите в справочной литературе [1]. При отсутствии данных принять, что теплоемкости не зависят от температуры. Температуру кипения и теплоту испарения найдите по справочнику [2]. Вариант см. в табл. 8.
4. Рассчитайте изменение энтальпии, внутренней энергии и энтропии при нагревании г г вещества А от 25°C (нормальное давление) до нормальной температуры кипения и полном испарении жидкости при давлении p_2 . Примите, что теплоемкости не зависят от температуры. Температуру кипения, теплоемкости и теплоту испарения найдите по справочнику [2]. Считать пар идеальным газом. Вариант см. в табл. 9.
5. Найдите ΔF и ΔG для г г вещества А при следующем изотермическом (25°C) процессе: А (ж, $p_1 = 1,0133 \cdot 10^5$ Па) = А (г, p_2), температуру кипения найдите по справочнику [2]. Считать пар идеальным газом. Вариант см. в табл. 9.

Таблица 6.

№ варианта	Газ А	$p_2 \cdot 10^{-2}$, Па	T_2 , К	№ варианта	Газ А	$p_2 \cdot 10^{-2}$, Па	T_2 , К
1	H ₂	1,33	250	14	N ₂	13,33	950
2	H ₂ O	13,0	350	15	O ₂	133,3	1000
3	He	133,0	400	16	O ₂	1333	250
4	He	1330	450	17	O ₂	1,33	350
5	CH ₄	1,33	500	18	F ₂	13,33	400
6	CH ₄	13,3	550	19	Ne	133,3	450
7	CO	133,0	600	20	Cl ₂	1333	500
8	CO ₂	1330	650	21	Cl ₂	1,33	550
9	CO ₂	1,3	700	22	Ar	13,33	600
10	CO ₂	13,33	750	23	Kr	133,3	650
11	C ₂ H ₆	133,30	800	24	Kr	1333	700
12	C ₂ H ₆	1333	850	25	Xe	1,33	750
13	N ₂	1,33	900				

Таблица 7.

№ варианта	Газ А	$V_A \cdot 10^4, \text{ м}^3$	$T_A, \text{ К}$	Газ В	$V_B \cdot 10^4, \text{ м}^3$	$T_B, \text{ К}$	$p, \text{ Па}$
1	H ₂	1	303	N ₂	2	290	101325
2	H ₂ O	5	388	O ₂	6	310	101325
3	He	7	275	CO ₂	8	290	131722
4	He	1	277	H ₂	5	303	303975
5	CH ₄	7	268	C ₂ H ₂	9	288	172252
6	CH ₄	2	298	Ne	3	283	303975
7	CO	3,3	268	C ₂ H ₆	4	300	70927
8	CO ₂	6	280	N ₂	7	310	141855
9	CO ₂	7	258	CO	9	278	40530
10	CO ₂	2	303	CH ₄	4	289	810060
11	C ₂ H ₆	3	268	Xe	6	296	206450
12	C ₂ H ₆	8	313	CH ₄	9	298	151987
13	N ₂	7	280	Cl ₂	9	299	192517
14	N ₂	4	293	H ₂ O	7	383	101325
15	O ₂	6	333	N ₂	8	297	506625
16	O ₂	1	333	H ₂	4	290	101325
17	O ₂	1	303	Ar	3	298	101325
18	F ₂	4	281	Cl ₂	5	292	182385
19	Ne	1	278	N ₂	8	296	50662
20	Cl ₂	5	243	N ₂	7	278	50662
21	Cl ₂	1	308	Ar	7	292	253312
22	Ar	1	276	He	6	291	151987
23	Kr	2	276	CO ₂	6	288	121590
24	Kr	2	278	CO	7	308	40530
25	Xe	3	263	F ₂	6	286	172252

Таблица 8.

№ варианта	Вещество А	g, г	$T, \text{ К}$	$T_1, \text{ К}$
1	Тетрахлорид углерода CCl ₄	800	273	373
2	Муравьиная кислота CH ₂ O ₂	100	323	423
3	Метанол CH ₄ O	800	273	373
4	Уксусная кислота C ₂ H ₄ O ₂	600	303	403
5	Этанол C ₂ H ₆ O	500	298	373
6	Ацетон C ₃ H ₆ O	100	223	323
7	Бензол C ₆ H ₆	100	303	383
8	н-гексан C ₆ H ₁₄	700	298	373
9	Толуол C ₇ H ₆	500	323	423
10	о-ксилол C ₈ H ₁₀	600	373	443
11	м-ксилол C ₈ H ₁₀	800	363	443
12	п-ксилол C ₈ H ₁₀	900	353	443
13	н-гептан C ₇ H ₁₆	300	303	403
14	Пиридин C ₅ H ₅ N	700	303	413
15	н-пентан C ₅ H ₁₂ *	350	298	373
16	Дихлорметан CH ₂ Cl ₂	200	298	343
17	Хлорбензол C ₆ H ₅ Cl	750	303	373
18	2-метилбутан C ₅ H ₁₂	450	273	353
19	Циклопентан C ₅ H ₁₀	500	298	373
20	Циклогексан C ₆ H ₁₂ **	900	303	383

*Примите удельную теплоёмкость C₅H_{12(ж)} равной 0,504 кал/г·град [2].

** Примите удельную теплоёмкость C₆H_{12(ж)} равной 0,440 кал/г·град [2].

Таблица 9.

№ варианта	Вещество А	g, г	p_2 , Па
1	Тетрахлорид углерода CCl_4	800	303975
2	Муравьиная кислота CH_2O_2	100	303975
3	Метанол CH_4O	800	131722
4	Уксусная кислота $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	600	303975
5	Этанол $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	500	172252
6	Ацетон $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	100	303975
7	Бензол C_6H_6	100	709276
8	н-гексан C_6H_{14}	700	141855
9	Толуол C_7H_6	500	405300
10	о-ксилол C_8H_{10}	600	810060
11	м-ксилол C_8H_{10}	800	206450
12	п-ксилол C_8H_{10}	900	151987
13	н-гептан C_7H_{16}	300	192517
14	Пиридин $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	700	303975
15	н-пентан $\text{C}_5\text{H}_{12}^*$	350	506625
16	Дихлорметан CH_2Cl_2	200	303975
17	Хлорбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	750	303975
18	2-метилбутан C_5H_{12}	450	182385
19	Циклопентан C_5H_{10}	500	506625
20	Циклогексан $\text{C}_6\text{H}_{12}^{**}$	900	506625

Задание № 3

1. Газообразные вещества А и В реагируют с образованием газообразного продукта С:
1) выразите K_p и K_c через равновесное количество вещества С, равное x , если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при общем давлении равновесной системы p и температуре T , К; **2)** рассчитайте K_p и K_c при 300 К, если $p = 7,5 \cdot 10^4$ Па, $x = 0,45$; **3)** вычислите равновесное количество вещества С при давлении в равновесной системе $3 \cdot 10^4$ Па и 300 К; **4)** рассчитайте степень превращения вещества А и В при 300 К. Вариант см. в табл. 10.

2. Для данной реакции, используя справочные данные [1], определите: **1)** константу реакции при температуре T , К (считать $\Delta_f H^\circ$ и $\Delta_f S^\circ$ не зависящими от температуры); **2)** равновесный выход вещества D при общем давлении $1,0133 \cdot 10^5$ Па и T , К, если газообразные вещества А и В введены в реакционный сосуд в стехиометрических количествах; **3)** изменение энергии Гиббса для начального момента реакции, если исходные парциальные давления газов в реакционной смеси равны p_A , p_B , p_C , p_D и реакция протекает идеально обратимо при тем-ре T , К. Образуются ли при этом вещества С и D? Вариант см. в табл. 11.

3. Применяя принцип Ле Шателье, выражения для K_p и уравнения изобары Вант-Гоффа, определите, как будет меняться равновесный выход продуктов реакции при:
а) повышении температуры; **б)** понижении температуры; **в)** повышении давления; **г)** понижении давления; **д)** добавлении инертного газа. Вариант см. в табл. 12.

4. Вычислите константу равновесия K_p реакции при заданной температуре T . Для расчета воспользуйтесь методом Темкина-Шварцмана [1]. Вариант см. в табл. 13.

5. Определите равновесные парциальные давления всех компонентов реакции и исходное давление вещества А, а также степень его термической диссоциации, если известна константа равновесия термической диссоциации вещества А при температуре T , К и общее равновесное давление смеси p . Реакция протекает в закрытом сосуде при температуре T , К. Вариант см. в табл. 14.

Таблица 10.

№ варианта	Уравнение реакции	№ варианта	Уравнение реакции
1	$A + B = \frac{1}{2}C$	14	$A + 2B = C$
2	$\frac{1}{2}A + B = C$	15	$A + B = 3C$
3	$3A + B = 2C$	16	$\frac{1}{2}A + B = 2C$
4	$2A + 3B = 3C$	17	$\frac{1}{2}A + B = 3C$
5	$2A + \frac{1}{2}B = 2C$	18	$2A + \frac{1}{2}B = 3C$
6	$3A + \frac{1}{2}B = C$	19	$2A + 3B = 2C$
7	$3A + \frac{1}{2}B = 3C$	20	$A + 2B = 3C$
8	$3A + \frac{1}{2}B = 2C$	21	$A + B = 2C$
9	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = 3C$	22	$2A + 2B = C$
10	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = C$	23	$2A + 2B = 3C$
11	$A + 3B = 3C$	24	$3A + 3B = 2C$
12	$3A + B = C$	25	$\frac{1}{2}A + B = \frac{1}{2}C$
13	$A + 2B = 2C$		

Таблица 11.

№ вар.	Реакция	А	В	С	D	$p \cdot 10^{-4}$, Па				T, К
						A	B	C	D	
1	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O$	H_2	O_2	–	H_2O	7	6	–	3	1000
2	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O$	H_2	O_2	–	H_2O	2	1	–	2	700
3	$H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$	H_2	Cl_2	–	HCl	4	3	–	1,5	900
4	$2HCl + O_2 \rightleftharpoons Cl_2 + H_2O$	HCl	O_2	Cl_2	H_2O	4	3	1,5	1,5	1000
5	$2HCl + O_2 \rightleftharpoons Cl_2 + H_2O$	HCl	O_2	Cl_2	H_2O	1	4	2	1	700
6	$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$	N_2	H_2	–	NH_3	10	15	–	10	600
7	$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$	N_2	H_2	–	NH_3	20	20	–	10	800
8	$\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons NO$	N_2	O_2	–	NO	2	1	–	0,3	2000
9	$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$	N_2	O_2	–	NO	4	1	–	1	1000
10	$NO_2 \rightleftharpoons NO + \frac{1}{2}O_2$	NO_2	–	NO	O_2	6	–	2	3	460
11	$NO_2 \rightleftharpoons NO + \frac{1}{2}O_2$	NO_2	–	NO	O_2	3	–	3	3	400
12	$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$	N_2O_4	–	–	NO_2	5	2	2	2	340
13	$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$	N_2O_4	–	–	NO_2	2	–	–	2	320
14	$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$	SO_2	O_2	–	SO_3	3	1	–	1,5	900
15	$SO_2 + NO_2 \rightleftharpoons SO_3 + NO$	SO_2	NO_2	SO_3	NO	6	3	1,5	1,2	700
16	$PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$	PCl_3	Cl_2	–	PCl_5	3	6	–	2	500
17	$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$	CO	H_2O	CO_2	H_2	3	2	0,7	1,6	1000
18	$CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2 + H_2$	CO	Cl_2	–	$COCl_2$	2	3	–	0,5	900
19	$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$	CO	H_2	–	CH_3OH	4	3	–	1,6	570
20	$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_2$	CO	O_2	–	CO_2	4	6	–	3	1000
21	$CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2$	CH_4	H_2O	CO	H_2	2	3	0,8	0,7	500
22	$3C_2H_4 \rightleftharpoons C_6H_6 + 3H_2$	C_2H_4	–	C_6H_6	H_2	2	–	0,7	3	700
23	$C_2H_4 + H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$	C_2H_4	H_2	–	C_2H_6	7	8	–	3	780
24	$C_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH$	C_2H_4	H_2O	–	C_2H_5OH	3	2	–	1,2	480
25	$C_6H_6 + 3H_2 \rightleftharpoons C_6H_{12}$	C_6H_6	H_2	–	C_6H_{12}	6	4	–	2	600

Таблица 12.

№ варианта	Реакция А	№ варианта	Реакция А
1	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons NH_3$	14	$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$
2	$C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$	15	$C_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH_{(ж)}$
3	$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$	16	$C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2$
4	$C_{(графит)} + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$	17	$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH_{(ж)}$
5	$4H_2 + 2SO_2 \rightleftharpoons 4H_2O_{(ж)} + S_2$	18	$C_2H_5OH_{(ж)} \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2O_{(г)}$
6	$2C + 2H_2 \rightleftharpoons C_2H_4$	19	$4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O_{(г)} + 2Cl_2$
7	$COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$	20	$2CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 + CO_2$
8	$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$	21	$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$
9	$2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$	22	$C_2H_4 + H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$
10	$2H_2O_{(ж)} \rightleftharpoons 2H_2 + O_2$	23	$2H_2O_{(г)} + 2Cl_2 \rightleftharpoons 4HCl + O_2$
11	$CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$	24	$NH_4Cl_{(тв)} \rightleftharpoons NH_3 + HCl$
12	$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$	25	$CH_3CHO_{(г)} + H_2 \rightleftharpoons C_2H_5OH$
13	$2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$		

Таблица 13.

№ вар.	Реакция А	T, K	№ вар.	Реакция А	T, K
1	$2C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COCH_3 + 3H_2 + CO$	400	14	$C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2$	800
2	$CH_4 + 2PCl_5 \rightleftharpoons 2PCl_3 + CH_2Cl_2 + 2HCl$	500	15	$C_3H_8 \rightleftharpoons C_3H_6 + H_2$	700
3	$CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons CH_3COOH$	400	16	$CO_2 + 4H_2 \rightleftharpoons CH_4 + 2H_2O$	500
4	$2H_2 + CO_2 \rightleftharpoons HCHO + H_2O$	500	17	$CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$	700
5	$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons HCOOH$	400	18	$C_6H_6 + 3H_2 \rightleftharpoons C_6H_{12}$	400
6	$CO + H_2O \rightleftharpoons HCOOH$	400	19	$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$	500
7	$CO_2 + 3H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + H_2O$	500	20	$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$	600
8	$C_2H_6 + CO \rightleftharpoons CH_3COCH_3$	400	21	$Ca(OH)_2 = CaO + H_2O_{(г)}$	800
9	$C_2H_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3CH_2OH$	400	22	$CaCO_3 = CaO + CO_2$	900
10	$CH_4 + 4PCl_5 \rightleftharpoons CCl_4 + 4PCl_3 + 4HCl$	400	23	$NH_4Cl_{(тв)} \rightleftharpoons NH_3 + HCl$	500
11	$SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$	500	24	$Mg(OH)_2 = MgO + H_2O_{(г)}$	500
12	$CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$	600	25	$S + 2CO_2 \rightleftharpoons SO_2 + 2CO$	700
13	$SiO_2 + 4HF \rightleftharpoons SiF_4 + 2H_2O$	900			

Таблица 14.

№ варианта	Вещество	Реакция	K_p , Па	$p \cdot 10^{-4}$, Па	T, K
1	H ₂ O	$H_2O = 2H + O$	$2,096 \cdot 10^{10}$	1,0133	4000
2	H ₂ O	$H_2O = 2H + O$	$0,991 \cdot 10^{10}$	2,0266	3900
3	H ₂ O	$H_2O = 2H + O$	$4,271 \cdot 10^{10}$	3,0399	4100
4	SO ₃	$SO_3 = S + 3O$	$0,257 \cdot 10^{15}$	4,0532	3300
5	SO ₃	$SO_3 = S + 3O$	$1,200 \cdot 10^{15}$	5,0665	3400
6	SO ₃	$SO_3 = S + 3O$	$5,119 \cdot 10^{15}$	6,0800	3500
7	FNO	$FNO = F + N + O$	$0,720 \cdot 10^{10}$	7,0931	3500
8	FNO	$FNO = F + N + O$	$1,715 \cdot 10^{10}$	8,1064	3600
9	FNO	$FNO = F + N + O$	$8,266 \cdot 10^{10}$	9,1197	3800

Таблица 14. Продолжение.

№ варианта	Вещество	Реакция	K_p , Па	$p \cdot 10^{-4}$, Па	T , К
10	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$1,031 \cdot 10^{15}$	10,133	3500
11	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$13,632 \cdot 10^{15}$	1,0133	3700
12	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$3,82 \cdot 10^{15}$	2,0266	3600
13	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$0,478 \cdot 10^{15}$	3,0399	4200
14	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$4,235 \cdot 10^{15}$	4,0532	4400
15	SO ₂	SO ₂ = S + O + 2F	$11,726 \cdot 10^{15}$	5,0665	4500
16	C ₂ H ₂	C ₂ H ₂ = 2C _(г) + 2H	$0,477 \cdot 10^{15}$	6,0798	4300
17	C ₂ H ₂	C ₂ H ₂ = 2C _(г) + 2H	$3,808 \cdot 10^{15}$	7,0931	4500
18	C ₂ H ₂	C ₂ H ₂ = 2C _(г) + 2H	$25,596 \cdot 10^{15}$	8,1064	4700
19	SiF ₄	SiF ₄ = Si _(г) + 4F	$2,699 \cdot 10^{20}$	9,1197	4400
20	SiF ₄	SiF ₄ = Si _(г) + 4F	$11,281 \cdot 10^{20}$	10,133	4500
21	SiF ₄	SiF ₄ = Si _(г) + 4F	$44,281 \cdot 10^{20}$	1,0133	4600
22	B ₂ O ₃	B ₂ O ₃ = 2B + 3O	$0,542 \cdot 10^{20}$	2,0266	4900
23	B ₂ O ₃	B ₂ O ₃ = 2B + 3O	$2,066 \cdot 10^{20}$	3,0399	5000
24	B ₂ O ₃	B ₂ O ₃ = 2B + 3O	$7,486 \cdot 10^{20}$	4,0532	5100
25	B ₂ O ₃	B ₂ O ₃ = 2B + 3O	$25,830 \cdot 10^{20}$	5,0665	5200

Задание № 4

ЗАДАНИЕ №1. По зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности данного вещества A с молекулярной массой M в твердом и жидком состояниях ($\rho_{\text{тв}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ в кг/м³) в тройной точке: **1)** постройте график зависимости $\lg p$ от $1/T$; **2)** определите по графику координаты тройной точки; **3)** рассчитайте среднюю теплоту испарения и возгонки графическим методом; **4)** рассчитайте теплоту испарения и возгонки вещества при температуре тройной точки аналитическим методом; **5)** определите теплоту плавления вещества при температуре тройной точки; **6)** изобразите диаграмму состояния однокомпонентной системы в координатах $p - T$; **7)** вычислите dT/dP для процесса плавления при температуре тройной точки; **8)** вычислите температуру плавления вещества при давлении p Па; **9)** вычислите изменение энтропии, энергий Гиббса и Гельмгольца, энтальпии и внутренней энергии для процесса возгонки 1 моль вещества в тройной точке; **10)** определите число термодинамических степеней свободы: **а)** в тройной точке; **б)** в областях твердого, жидкого и газообразного состояния вещества; **в)** на кривых плавления, испарения и сублимации. Вариант см. в табл. 15.

Таблица 15.

№ варианта	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия
	T , К	p , Па	T , К	p , Па	
1	268,2	401,2	269,2	505	$M = 18$ $p = 40,5 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 918$ $\rho_{\text{Ж}} = 1000$
	269,2	437,2	272,2	533,2	
	270,2	475,9	273,2	573	
	271,2	517,2	275,5	656	
	272,2	533,3	278,2	760	
			283,2	982	
			288,2	1600	
2	248,0	7998	260,0	23327	$M = 27$ $p = 800 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 718$ $\rho_{\text{Ж}} = 709$
	254,4	13300	265,0	27190	
	258,0	17995	270,0	31860	
	259,0	19995	278,0	40290	
	260,0	23327	282,0	47990	
3	55	1333	60,0	12663	$M = 28$ $p = 500 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 1026$ $\rho_{\text{Ж}} = 808$
	58	3999	64,0	17329	
	59,2	11997	66,0	22394	
	63	14663	67,8	27993	
	64	17329	69,0	31992	
			71,0	39990	
4	100	4132	105	17329	$M = 30$ $p = 900 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 1272$ $\rho_{\text{Ж}} = 1260$
	104	8531	112	29653	
	107	14663	114	34738	
	109	19995	115	38657	
	110,5	25367	116	46435	
	112	29653	117	53053	
5	229,2	133,3	273,2	4786	$M = 32$ $p = 300 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 837$ $\rho_{\text{Ж}} = 825$
	248,0	694,5	282,5	6665	
	257,0	1333	298,2	12697	
	267,2	2966	306,7	16396	
	273,2	4786	312,5	18929	
			316,5	21328	
6	173	7330	190	31192	$M = 34$ $p = 450 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 1010$ $\rho_{\text{Ж}} = 980$
	178	11600	196	38657	
	183	16795	200	46655	
	184	19995	207	55986	
	190	31192	215	69476	
			221	77314	
7	196	101325	212	592751	$M = 44$ $p = 750 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 1542$ $\rho_{\text{Ж}} = 1510$
	203	190491	220	648480	
	213	402360	223	674824	
	220	648480	239	1005114	
			241	1065237	
			242	1131722	
8	276,6	1413	277,2	1826	$M = 46$ $p = 950 \cdot 10^5$ Па $\rho_{\text{ТВ}} = 1240$ $\rho_{\text{Ж}} = 1290$
	278,2	1706	279,2	2082	
	279,2	1879	281,4	2372	
	280,2	2066	283,2	2626	
	281,4	2372	285,2	2932	
			288,7	3279	

Таблица 15. продолжение

№ варианта	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия T, K
	T, K	p, Pa	T, K		
9	230	26260	236	63315	$M = 52$ $p = 350 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 3010$ $\rho_{ж} = 2955$
	233	31458	246	78647	
	237	39900	248	83979	
	240	49997	249	86645	
	243	58518	252,5	96942	
	245	66650	253,5	100508	
	249	86645			
10	1758,2	22,65	1832	187	$M = 52,5$ $p = 500 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 6800$ $\rho_{ж} = 6750$
	1788,2	63,98	1873,2	300	
	1810,2	99,97	1905	387	
	1835,2	115,99	1938	486	
	1873,2	300,00	1956	573	
			1991	800	
			2040	973	
11	242,1	1333	293	26660	$M = 58$ $p = 700 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 822$ $\rho_{ж} = 812$
	252,4	2666	303	37724	
	263,8	5332	308	46188	
	271,2	7998	311	51720	
	280,9	13330	313	56186	
	293,0	26660	316	63317	
12	183,2	333,3	201	4665,6	$M = 64$ $p = 1000 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1600$ $\rho_{ж} = 1560$
	188,0	586,5	203,7	5305	
	196,2	1850	214	7198	
	199,2	3000	216	7998	
	203,7	5305	230,2	13328	
			244,0	21728	
13	131	1333	137	6665	$M = 68$ $p = 300 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1450$ $\rho_{ж} = 1434$
	135	1999,5	141	7331,5	
	137	2666	145	8664,5	
	139,2	3999	146	9997,5	
	141,5	5332	149	12663	
	144,0	7998	151,4	15996	
	146	9997,5			
14	273,2	3264,8	274,2	3730	$M = 78$ $p = 900 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 893$ $\rho_{ж} = 890$
	274,2	3465,8	275,2	4000	
	276,2	3932,3	276,2	4160	
	277,2	4305,6	278,2	4530	
	278,2	4530	283,2	6050	
			290,2	8930	
15	177,3	15996	180	26660	$M = 81$ $p = 300 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1626$ $\rho_{ж} = 1610$
	180	19995	185,5	32992	
	182	23994	188	37057	
	184	28659	191	43456	
	185,5	32992	194	41987	
			196,8	59985	
16	99	10675	111	63984	$M = 83,5$ $p = 800 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 3330$ $\rho_{ж} = 2150$
	101,9	13995	115,5	68649	
	103	17330	117	72782	
	104,5	19995	118	77980	
	107,2	26660	119	82646	
	115,5	68649	119,6	87711	

Таблица 15. Продолжение.

№ варианта	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия
	T, K	p, Pa	T, K	p, Pa	
17	272,5	3332,5	275,7	4878,8	$M = 84$ $p = 120 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 796$ $\rho_{ж} = 788$
	273,4	3599,1	280,2	5598,6	
	275,7	4065,6	281,7	5798,6	
	277,2	4398,9	283,3	6198,6	
	279,2	5065,4	285,2	6931,6	
	281,7	5798,6	287,5	7731,4	
18	353,2	39,99	363,3	186,6	$M = 122$ $p = 850 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1105$ $\rho_{ж} = 1095$
	363,2	79,98	393,2	679,8	
	373,2	186,6	395,2	733,1	
	383,2	393,2	400,7	973,1	
	393,2	679,8	403,7	1133	
			408,7	1399,6	
19	205,2	16796	219,2	55319	$M = 127,5$ $p = 500 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 2970$ $\rho_{ж} = 2850$
	208	19195	224,2	59985	
	209,2	22662	226,7	66650	
	213,2	29859	229,2	75981	
	216,4	35991	231,2	83979	
	220	45988	323,7	87975	
	224,2	59985			
20	334,6	266,6	248,2	1046	$M = 127,5$ $p = 180 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1145$ $\rho_{ж} = 982$
	338,4	352,2	353,7	1266,3	
	343,2	533,2	358,2	1399	
	348,2	733,1	363,8	1666	
	353,2	1039,1	368,8	4066	
	353,7	1266,3	373,8	2466	
21	423,5	23994	446,4	47000	$M = 152$ $p = 600 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 985$ $\rho_{ж} = 977$
	433,2	31325	448,2	47454	
	437,7	35324	451,2	49987	
	441,2	39323	460	55986	
	444,2	43322	470	63317	
	448,2	47454	480	71345	
22	223,2	133,3	244,2	1200	$M = 154$ $p = 60,8 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 1680$ $\rho_{ж} = 1650$
	237,2	466,5	253,2	1319	
	246,2	799,8	270,1	2465	
	252,2	1213	282,5	3865	
	253,2	1319	285,7	4398	
23	418,0	133,3	490,5	5332,0	$M = 174$ $p = 220 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 954$ $\rho_{ж} = 948$
	446,5	667,0	504,8	8020,0	
	460,2	1333,0	523,0	13300	
	474,9	2666,0	552,0	26600	
	490,5	5332,0	583,2	53320	
24			612	101308	$M = 254$ $p = 200 \cdot 10^5 Pa$ $\rho_{TB} = 3960$ $\rho_{ж} = 3900$
	377,2	7064	373,2	10662	
	381,2	8531	388,2	12397	
	383,2	9331	392,2	13997	
	386,2	10397	393,2	14796	
	389,7	11997	397,2	16929	
	392,2	13997	401,2	19462	

Задание № 5

ЗАДАНИЕ № 1. Для двухкомпонентной жидкой системы А–В дана зависимость составов жидкой фазы и находящегося с ней в равновесии пара от температуры при постоянном давлении. Молярный состав жидкой фазы x и насыщенного пара y выражен в процентах вещества А. По приведенным данным: **1)** постройте график зависимости состава пара от состава жидкой фазы при постоянном давлении; **2)** постройте диаграмму кипения системы А–В; **3)** определите температуру кипения системы с молярной долей a % вещества А. Каков состав первого пузырька пара над этой системой; при какой температуре закончится кипение системы; каков состав последней капли жидкой фазы? **4)** определите состав пара, находящегося в равновесии с жидкой фазой, кипящей при температуре T_1 ; **5)** какой компонент и в каком количестве может быть выделен из системы, состоящей из b кг вещества А и c кг вещества В? **6)** какого компонента и сколько надо добавить к указанной в п. 5 смеси, чтобы получилась азеотропная система? **7)** какая масса вещества А будет в парах и в жидкой фазе, если 2 кг смеси с молярной долей a % вещества А нагреть до температуры T_1 ? **8)** определите вариантность системы в азеотропной точке. Вариант см. в табл. 16.

Задание № 6

ЗАДАНИЕ № 1. На основании температур начала кристаллизации двухкомпонентной системы: **1)** постройте диаграмму фазового состояния (диаграмму плавкости) системы А–В (T_k – температура начала кристаллизации, x_A – мольная доля компонента А); **2)** обозначьте точками: **I** – жидкий расплав, содержащий a % вещества А при температуре T_1 ; **II** – расплав, содержащий a % вещества А, находящийся в равновесии с кристаллами химического соединения; **III** – систему, состоящую из твердого вещества А, находящегося в равновесии с расплавом, содержащим b % вещества А; **IV** – равновесие фаз одинакового состава; **V** – равновесие трех фаз; **3)** определите состав устойчивого химического соединения; **4)** определите качественный и количественный составы эвтектик; **5)** вычертите все типы кривых охлаждения, возможные для данной системы, укажите, каким составам на диаграмме плавкости кривые соответствуют; **6)** в каком фазовом состоянии находятся системы, содержащие c , d , e % вещества А при температуре T_1 ? Что произойдет с этими системами, если их охладить до температуры T_2 ? **7)** определите число фаз и число условных термодинамических степеней свободы системы при эвтектической температуре и молярной доле компонента А 95 и 5 %; **8)** при какой температуре начнет отвердевать расплав, содержащий c % вещества А? При какой температуре он отвердеет полностью? Каков состав первых кристаллов? **9)** при какой температуре начнет плавиться система, содержащая d % вещества А? При какой температуре она расплавится полностью? Каков состав первых капель расплава? **10)** вычислите теплоты плавления веществ А и В; **11)** какой компонент и в каком количестве выкристаллизуется из системы, если 2 кг расплава, содержащего a % вещества А, охладить от T_1 до T_2 ? Вариант см. в табл. 17.

Вар. №	Таблица 16.														
1	А – HNO ₃ , В – H ₂ O							$p = 101330 \text{ Па}$		$T_1 = 388 \text{ К}$		$a = 55$		$b = 81$	$c = 19$
	$x, \%$	0,0	8,4	12,3	22,1	30,8	38,3	40,2	46,5	53,0	61,5	100,0			
	$y, \%$	0,0	0,6	1,8	6,6	16,6	38,3	60,2	75,9	89,1	92,1	100,0			
	$T, \text{ К}$	373	379,5	385	391,5	394,6	394,9	394,0	391,0	385	372	357			
2	А – HNO ₃ , В – CH ₃ COOH							$p = 107900 \text{ Па}$		$T_1 = 398 \text{ К}$		$a = 60$		$b = 61,2$	$c = 38,8$
	$x, \%$	0,0	10,0	20,0	33,3	40,0	50,0	60,0	82,0	96,0	100,0				
	$y, \%$	0,0	3,0	8,0	34,0	47,0	82,0	96,0	100,0						
	$T, \text{ К}$	391,1	395,1	399,5	401,6	400,3	393,3	378,0	358,3						
3	А – HF, В – H ₂ O							$p = 101330 \text{ Па}$		$T_1 = 383 \text{ К}$		$a = 65$		$b = 67,4$	$c = 32,6$
	$x, \%$	4,95	9,2	18,9	22,8	27,9	33,8	34,4	35,8	39,7					
	$y, \%$	0,8	1,8	6,4	10,6	17,8	30,5	32,1	35,8	47,5					
	$T, \text{ К}$	374,6	375,8	379,8	381,4	383,3	384,7	385,0	385,4	384,4					
	$x, \%$	44,4	50,3	52,2	56,0	58,2	61,7	79,8	87,9	100,0					
	$y, \%$	63,3	81,0	86,2	92,2	95,8	98,9	99,2	99,5	100,0					
	$T, \text{ К}$	381,7	374,7	371,9	365,9	359,6	352,0	318,1	306,5	292,4					
4	А – H ₂ O, В – C ₆ H ₄ O ₂ (фурфурол)							$p = 101330 \text{ Па}$		$T_1 = 372 \text{ К}$		$a = 50$		$b = 15,8$	$c = 84,2$
	$x, \%$	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	20,0	30,0	50,0	90,8	96,0	98,0	99,0	100,0
	$y, \%$	0,0	10,0	19,0	36,0	68,0	81,1	89,0	90,5	90,8	90,8	90,8	92,0	94,5	100,0
	$T, \text{ К}$	435,0	431,8	427,8	419,0	395,5	382,5	373,6	371,7	370,9	370,9	370,9	371,1	371,6	373,0
5	А – H ₂ O, В – C ₆ H ₁₀ O (<i>n</i> -бутиловый спирт)							$p = 101330 \text{ Па}$		$T_1 = 368 \text{ К}$		$a = 50$		$b = 19,6$	$c = 80,4$
	$x, \%$	3,9	4,7	5,5	7,0	25,7	27,5	29,2	30,5	49,6	50,6				
	$y, \%$	26,7	29,9	32,3	35,2	62,9	64,1	65,5	66,2	73,6	74,0				
	$T, \text{ К}$	384,5	383,6	382,6	381,8	370,9	370,2	369,7	369,3	366,5	366,4				
	$x, \%$	55,2	57,7	97,5	98,0	98,8	99,2	99,4	99,7	99,9					
	$y, \%$	75,0	75,0	75,2	75,6	80,8	84,3	88,4	92,9	98,1					
	$T, \text{ К}$	365,9	365,8	365,7	366,0	366,7	368,4	369,8	371,7	372,5					
6	А – H ₂ O, В – C ₆ H ₁₀ O (<i>изо</i> -бутиловый спирт)							$p = 101330 \text{ Па}$		$T_1 = 365 \text{ К}$		$a = 35$		$b = 68,8$	$c = 31,2$
	$x, \%$	13,5	15,0	15,9	17,2	39,7	40,5	56,4	60,5	67,0	97,5	97,8	98,6	99,1	99,8
	$y, \%$	40,1	42,0	43,7	44,6	62,6	63,3	66,0	66,7	67,0	67,2	67,3	71,4	78,2	95,7
	$T, \text{ К}$	370,8	370,1	369,6	369,0	363,3	363,2	362,5	362,4	362,2	362,5	363,1	364,5	366,4	371,9

Вар. №	Таблица 16.															
7	А – H ₂ O, В – C ₅ H ₁₂ O (2-метил-3-бутил-2-ол)							p = 102460 Па		T ₁ = 367 К		a = 25	b = 6,4	c = 93,6		
	x, %	0,0	18,9	34,2	53,8	66,7	75,7	82,4	87,5	91,6	94,9	97,7	99,5	100,0		
	y, %	0,0	42,7	55,3	63,4	65,7	66,9	67,5	68,1	69,1	70,3	75,7	91,0	100,0		
	T, К	377,5	367,8	365,3	364,3	364,1	364,2	364,25	364,3	364,4	364,8	366,4	369,0	373,3		
8	А – CS ₂ , В – CH ₃ COCH ₃					p = 101330 Па		T ₁ = 317 К		a = 25		b = 30,4		c = 69,6		
	x, %	0,0	1,9	4,8	13,4	18,6	29,1	38,0	44,8	53,6	65,3	78,9	87,9	96,8	100,0	
	y, %	0,0	8,3	18,5	35,1	44,3	52,8	57,4	59,8	62,7	66,1	70,5	76,0	88,6	100,0	
	T, К	329,2	327,0	324,4	319,6	317,0	314,4	313,3	312,8	312,3	312,1	312,3	313,5	316,5	319,3	
9	А – CH ₃ OH, В – CCl ₄						p = 101330 Па		T ₁ = 333 К		a = 25	b = 27,1	c = 72,9			
	x, %	0,0	0,2	0,4	1,3	1,7	3,0	5,1	10,7	12,4	24,8	40,1	45,3			
	y, %	0,0	2,0	12,0	24,2	26,4	38,3	44,5	49,5	50,0	52,2	53,7	54,1			
	T, К	349,7	349,1	345,4	340,6	339,9	335,0	332,4	330,2	330,0	329,3	328,8	328,8			
	x, %	55,0	56,6	72,5	76,4	81,3	83,8	88,3	91,8	94,8	97,9	99,3	100,0			
	y, %	55,2	55,2	59,1	60,3	63,0	64,9	69,6	75,3	82,3	91,0	96,7	100,0			
	T, К	327,7	328,7	329,0	329,4	329,8	330,1	331,2	332,5	333,9	335,8	337,1	337,7			
10	А – CH ₃ OH, В – C ₆ H ₆					p = 96700 Па		T ₁ = 331 К		a = 80		b = 62,2		c = 37,8		
	x, %	0,0	2,4	3,6	4,7	5,9	6,3	9,2	24,9	64,5	78,5	84,7	90,2	94,1	98,3	100,0
	y, %	0,0	17,5	30,1	43,5	51,1	53,4	54,6	59,9	64,5	66,5	71,3	77,1	84,4	93,6	100,0
	T, К	351,6	341,2	336,9	333,3	330,7	330,3	329,8	329,4	329,4	329,9	330,6	330,3	332,6	334,9	336,1
11	А – CH ₃ OH, В – C ₆ H ₆					p = 101330 Па		T ₁ = 335 К		a = 10		b = 4,4		c = 56,4		
	x, %	0,0	2,8	5,0	5,7	9,0	11,8	27,0	44,0							
	y, %	0,0	31,0	39,5	42,0	48,5	56,5	57,5	58,6							
	T, К	363,2	342,4	339,8	338,7	334,4	332,0	331,0	330,8							
	x, %	58,6	69,5	81,7	88,3	90,2	94,5	96,8	98,8							
	y, %	61,0	62,5	65,5	70,0	73,0	82,2	90,0	94,2							
	T, К	330,7	330,6	331,1	331,9	332,9	333,2	335,4	336,4							
12	А – CH ₃ OCH ₃ , В – C ₆ H ₆						p = 100000 Па		T ₁ = 345 К		a = 75	b = 64	c = 36			
	x, %	0,0	4,0	15,9	29,8	42,1	53,7	62,9	71,8	79,8	87,2	93,9	100,0			
	y, %	0,0	15,1	35,3	40,5	43,6	46,6	50,5	54,9	60,6	68,3	78,7	100,0			
	T, К	352,8	348,2	342,5	341,5	340,8	341,0	341,4	342,0	343,3	344,8	347,4	351,1			

Вар. №	Таблица 16.														
13	А – CH ₃ OCH ₃ , В – CH ₃ OH					$p = 101330 \text{ Па}$			$T_1 = 329,25 \text{ К}$		$a = 60$		$b = 73$		$c = 27$
	x, %	0,0	4,8	17,6		28,0	40,0		60,0	80,0	90,0	99,0	100,0		
	y, %	0,0	14,0	31,7		42,0	51,6		65,6	80,0	94,0	97,0	100,0		
	T, К	337,7	335,9	333,1		331,3	330,2		329,1	328,6	328,8	329,1	329,5		
14	А – CH ₃ OCH ₃ , В – CHCl ₃					$p = 97600 \text{ Па}$		$T_1 = 334,5 \text{ К}$		$a = 55$		$b = 37,2$		$c = 62,8$	
	x, %	0,0	7,9	14,3	18,6	26,6	39,4	46,2	53,6	61,8	71,5	77,0	82,1	91,5	100,0
	y, %	0,0	6,0	11,6	16,0	23,5	39,4	52,0	59,8	69,8	79,2	84,8	90,1	95,4	100,0
	T, К	332,9	333,3	334,2	334,8	335,2	335,4	335,0	334,3	333,3	331,9	331,2	330,2	329,0	328,2
15	А – CH ₃ OCH ₃ , В – CHCl ₃					$p = 100000 \text{ Па}$			$T_1 = 336 \text{ К}$		$a = 55$		$b = 37,2$		$c = 62,8$
	x, %	0,0	18,6	34,0	46,8	57,8	67,3	75,5	82,7	89,2	94,9	100,0			
	y, %	0,0	10,3	31,8	51,5	65,2	75,7	83,2	89,0	93,6	97,3	100,0			
	T, К	334,3	336,0	336,8	336,4	335,2	334,0	332,9	331,8	330,8	330,0	329,0			
16	А – C ₃ H ₈ O, В – H ₂ O					$p = 101330 \text{ Па}$			$T_1 = 365 \text{ К}$		$a = 80$		$b = 93$		$c = 7$
	x, %	0,0	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	20,0	30,0	40,0					
	y, %	0,0	11,0	21,6	32,0	35,1	37,2	39,2	40,4	42,4					
	T, К	373,0	368,0	365,0	363,5	362,3	361,5	361,1	360,9	360,8					
	x, %	50,0	60,0	70,0	80,0	85,0	90,0	96,0	100,0						
	y, %	45,2	49,2	55,1	64,1	70,4	77,8	90,0	100,0						
	T, К	360,9	361,3	362,0	363,5	364,5	365,8	367,0	370,3						
17	А – C ₄ H ₁₀ O (диэтиловый эфир), В – C ₆ H ₁₂ O ₂ (бутилацетат)					$p = 6680 \text{ Па}$			$T_1 = 325 \text{ К}$		$a = 65$		$b = 54,2$		$c = 45,8$
	x, %	0,0	18,0	28,2	35,5	37,0	43,5	59,1	76,5	86,8	92,1	100,0			
	y, %	0,0	22,5	32,2	36,3	37,0	41,6	50,4	64,5	75,2	83,3	100,0			
	T, К	325,6	324,5	324,1	323,8	323,7	323,8	324,2	325,3	326,5	327,7	329,1			
18	А – C ₄ H ₁₀ O (диэтиловый эфир), В – C ₆ H ₁₂ O ₂ (бутилацетат)					$p = 22000 \text{ Па}$			$T_1 = 350,5 \text{ К}$		$a = 75$		$b = 65,5$		$c = 34,5$
	x, %	0,0	16,1	31,3	47,4	61,3	77,7	87,3	100,0						
	y, %	0,0	21,0	37,5	47,9	57,8	70,5	80,7	100,0						
	T, К	353,6	351,2	349,9	349,4	349,5	350,2	351,3	353,3						
19	А – C ₄ H ₁₀ O (диэтиловый эфир), В – C ₆ H ₁₂ O ₂ (бутилацетат)					$p = 101330 \text{ Па}$			$T_1 = 390,25 \text{ К}$		$a = 65$		$b = 54,2$		$c = 45,8$
	x, %	0,0	21,9	37,2	51,4	66,4	72,2	77,9	84,7	89,6	100,0				
	y, %	0,0	33,4	48,2	58,0	69,2	74,1	78,6	84,4	88,0	100,0				
	T, К	399,0	394,2	391,9	390,9	390,1	389,9	389,8	390,0	390,1	390,5				

Вар. №	Таблица 16.																						
20	А – CHCl ₃ , В – CH ₃ OH						$p = 101000$ Па		$T_1 = 330,2$ К		$a = 25$	$b = 55,5$	$c = 44,5$										
	$x, \%$	0,0	2,9	6,3	10,3	15,2	21,2	28,7	38,5	51,8	70,72	84,7	100,0										
	$y, \%$	0,0	8,3	16,1	24,0	32,3	41,2	48,8	54,2	58,9	67,8	82,3	100,0										
	T, K	337,9	337,1	335,4	333,7	332,1	330,5	328,9	327,5	326,7	326,7	330,0	334,4										
21	А – CCl ₄ , В – CH ₃ CH ₂ OH						$p = 99300$ Па		$T_1 = 343$ К		$a = 25$	$b = 36,8$	$c = 63,2$										
	$x, \%$	0,0	3,2	7,0	11,4	16,6	23,0	31,0	41,1	55,67	63,0	72,9	89,0	100,0									
	$y, \%$	0,0	16,6	26,5	35,4	43,5	49,8	53,6	56,9	59,7	63,0	66,9	84,0	100,0									
	T, K	350,9	347,8	345,4	343,3	341,4	339,6	338,3	337,4	336,9	336,6	337,3	343,0	348,9									
22	А – CCl ₄ , В – C ₄ H ₈ O ₂ (этилацетат)					$p = 91400$ Па		$T_1 = 345,5$ К		$a = 25$		$b = 52,7$		$c = 47,3$									
	$x, \%$	0,0	0,5	7,3	15,9	28,0	35,2	42,9	51,3	57,2	58,8	61,3	69,3	79,2	89,4	100,0							
	$y, \%$	0,0	0,8	10,0	20,2	32,4	38,9	45,9	52,8	57,7	58,7	61,0	67,5	76,5	87,1	100,0							
	T, K	347,1	347,0	346,3	345,8	345,2	344,9	344,7	344,6	344,6	344,6	344,6	344,8	345,1	345,6	346,4							
23	А – C ₆ H ₅ CH ₃ , В – C ₄ H ₁₀ O (изо-бутиловый спирт)					$p = 101330$ Па		$T_1 = 377$ К		$a = 80$		$b = 83,4$		$c = 16,6$									
	$x, \%$	0,0		6,6		11,4		15,0		21,1		33,3		35,5		44,1		55,0		58,8			
	$y, \%$	0,0		13,1		21,8		26,7		33,4		42,1		44,2		48,0		53,6		54,4			
	T, K	381,0		378,2		376,6		375,8		374,9		374,2		374,1		373,8		373,5		373,6			
	$x, \%$	63,8		68,2		76,2		80,3		84,4		87,0		89,7		96,5		100,0					
	$y, \%$	57,0		59,8		64,1		67,4		71,2		73,6		77,3		87,0		100,0					
	T, K	373,4		374,4		374,9		375,5		376,3		376,8		377,7		380,2		383,4					
24	А – транс-C ₂ H ₂ Cl ₂ , В – CH ₃ OH					$p = 101330$ Па		$T_1 = 320$ К		$a = 25$		$b = 50,5$		$c = 49,5$									
	$x, \%$	0,0		0,7		2,1		2,8		5,8		11,2		13,4		18,7		24,6		29,4			
	$y, \%$	0,0		5,1		13,8		16,8		30,4		45,2		48,5		53,8		59,3		65,3			
	T, K	337,6		336,4		339,9		333,5		329,5		325,3		324,1		321,0		319,0		317,8			
	$x, \%$	34,3		43,8		73,7		76,9		88,6		95,5		98,7		99,6		100,0					
	$y, \%$	68,0		72,8		76,0		76,9		79,0		83,0		90,6		94,4		100,0					
	T, K	317,3		316,0		315,0		314,9		315,3		316,1		317,8		319,0		321,3					
25	А – цис-C ₂ H ₂ Cl ₂ , В – CH ₃ OH					$p = 101330$ Па		$T_1 = 339$ К		$a = 25$		$b = 50,5$		$c = 49,5$									
	$x, \%$	0,0		2,9		4,8		7,0		13,6		16,9		19,6		25,9		31,4		36,5		40,0	
	$y, \%$	0,0		8,9		13,7		18,7		33,1		37,1		39,1		45,4		50,4		53,9		55,9	
	T, K	337,6		336,3		334,8		333,6		331,0		329,9		329,0		327,5		326,7		326,1		325,6	
	$x, \%$	42,6		51,3		57,1		65,1		70,5		85,0		91,6		98,6		99,6		99,8		100,0	
	$y, \%$	57,6		60,9		63,4		65,1		65,5		70,8		74,0		84,0		87,3		93,9		100,0	
	T, K	325,4		325,0		324,8		324,5		324,8		325,3		325,9		328,4		329,3		330,8		333,3	

Вар.	Таблица 17.																
1	A – KCl, B – SnCl ₂			T ₁ = 493 K		a = 45		b = 75		c = 5		d = 25		e = 75		T ₂ = 463 K	
	x _A , %	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	52,5	55	70	80	100
	T _K , K	512	507	496	479	477	481	478	473	460	481	497	583	658	853	952	1050
2	A – KCl, B – PbCl ₂			T ₁ = 753 K		a = 30		b = 75		c = 5		d = 25		e = 75		T ₂ = 703 K	
	x _A , %	0	10	20	25	30	33,5	40	45	50	55	65	75	90		100	
	T _K , K	769	748	713	701	710	713	707	693	703	733	811	893	1003		1048	
3	A – KCl, B – MnCl ₂			T ₁ = 873 K		a = 40		b = 80		c = 10		d = 40		e = 80		T ₂ = 733 K	
	x _A , %	0	8	15	25	34	36	38	40	50	60	65	66	75	85	100	
	T _K , K	923	895	865	815	745	722	735	747	769	731	705	701	705	925	1047	
4	A – Li ₂ CO ₃ , B – K ₂ CO ₃			T ₁ = 923 K		a = 40		b = 75		c = 10		d = 40		e = 86		T ₂ = 768 K	
	x _A , %	0	9	20	33	39,5	44,2	50	54,5	62		66,6		83,5		100	
	T _K , K	1133	1055	955	765	773	778	788	778	765		798		911		983	
5	A – MgSO ₄ , B – Cs ₂ SO ₄			T ₁ = 1173 K		a = 55		b = 90		c = 10		d = 40		e = 72		T ₂ = 1123 K	
	x _A , %	0	10	20	30	40	45	47	50	55	60	63	65	70	80	90	100
	T _K , K	1294	1241	1193	1116	1013	953	969	999	1048	1053	1098	1113	1163	1238	1323	1397
6	A – Li ₂ SO ₄ , B – Cs ₂ SO ₄			T ₁ = 1173 K		a = 40		b = 85		c = 10		d = 40		e = 95		T ₂ = 973 K	
	x _A , %	0	20	25	31	35	40	50	55	65	75,5	77,5	80	85	89,5	90	100
	T _K , K	1293	1113	1063	953	963	1003	1011	1007	983	903	906	910	905	893	910	1129
7	A – KI, B – CdI ₂			T ₁ = 723 K		a = 55		b = 75		c = 10		d = 40		e = 70,5		T ₂ = 503 K	
	x _A , %	0	10	30	45	47	49	53	55	60		65		80		100	
	T _K , K	658	643	596	520	470	468	504	515	575		656		833		951	
8	A – CsCl, B – SrCl ₂			T ₁ = 1173 K		a = 35		b = 90		c = 10		d = 50		e = 75		T ₂ = 1093 K	
	x _A , %	0	10	15	20	25	35	40	50	60	70	80	85	95		100	
	T _K , K	1147	1124	1089	1059	1102	1155	1166	1180	1158	1071	877	862	875,8		876,8	
9	A – RbCl, B – SrCl ₂			T ₁ = 1073 K		a = 35		b = 85		c = 5		d = 35		e = 85		T ₂ = 923 K	
	x _A , %	0	10	20	30	40	45	50	55	65	70	75	80	90		100	
	T _K , K	1147	1089	1004	906	964	975	978	696	896	827	853	879	960		999	
10	A – KCl, B – CaCl ₂			T ₁ = 1023 K		a = 25		b = 75		c = 5		d = 35		e = 85		T ₂ = 923 K	
	x _A , %	0	5	10	18,5	20	25	35	40	45	55	67	70	90		100	
	T _K , K	1043	1023	978	911	828	980	1022	1027	1015	961	873	899	1021		1049	

Вар.	Таблица 17.																
11	A – CuCl, B – CsCl			$T_1 = 773 \text{ K}$		$a = 55$		$b = 80$		$c = 10$		$d = 25$		$e = 60$		$T_2 = 533 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	20	35	45	50	60	65	66,6	70	75	80	90		100	
	$T_K, \text{ K}$	912	868	814	645	571	549	533	542	547	541	521	541	623		695	
12	A – CdCl ₂ , B – TlCl			$T_1 = 773 \text{ K}$		$a = 42$		$b = 80$		$c = 10$		$d = 40$		$e = 90$		$T_2 = 643 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	20	28	30	36,5	47	50	57,5	67,5	80	85	95		100	
	$T_K, \text{ K}$	702	656	604	572	589	645	694	699	697	673	754	777	823		841	
13	A – SrBr ₂ , B – KBr			$T_1 = 973 \text{ K}$		$a = 60$		$b = 90$		$c = 10$		$d = 50$		$e = 75$		$T_2 = 833 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	25	29	33,3	40	50	57	66,7	75	82	85	95		100	
	$T_K, \text{ K}$	1003	972	872	829	832	826	807	832	847	843	835	851	897		916	
14	A – FeCl ₃ , B – NaCl			$T_1 = 1033 \text{ K}$		$a = 45$		$b = 95$		$c = 10$		$d = 45$		$e = 75$		$T_2 = 983 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	13,3	22,2	35,8	37,6	40	47	50,6	53	61,6	66,8	74,6	80,6	81,6	84,8	100
	$T_K, \text{ K}$	1073	1052	1033	989	975	983	999	1003	983	753	680	641	622	642	697	859
15	A – FeCl ₃ , B – TlCl			$T_1 = 673 \text{ K}$		$a = 30$		$b = 50$		$c = 5$		$d = 30$		$e = 50$		$T_2 = 543 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	22	26	29	33	35	37	45		52		62		100	
	$T_K, \text{ K}$	702	658	598	535	549	563	525	506	533		553		560		585	
16	A – NaCl, B – ZnCl ₂			$T_1 = 723 \text{ K}$		$a = 35$		$b = 60$		$c = 10$		$d = 20$		$e = 60$		$T_2 = 583 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	5	10	15	25	27	30	35	46	52,5	58		67,7		100	
	$T_K, \text{ K}$	595	589	577	573	543	535	569	623	683	769	813		882		1073	
17	A – KI, B – PbI ₂			$T_1 = 773 \text{ K}$		$a = 40$		$b = 75$		$c = 10$		$d = 40$		$e = 80$		$T_2 = 603 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	20	25	30	31	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
	$T_K, \text{ K}$	685	668	640	622	579	594	603	610	618	622	651	695	773	858	914	959
18	A – SrBr ₂ , B – LiBr			$T_1 = 873 \text{ K}$		$a = 50$		$b = 80$		$c = 10$		$d = 50$		$e = 90$		$T_2 = 753 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	5	20	30	34	40	50		54		66,6		85		100	
	$T_K, \text{ K}$	825	813	772	736	720	744	768		773		803		865		916	
19	A – NiNO ₃ , B – RbNO ₃			$T_1 = 523 \text{ K}$		$a = 40$		$b = 75$		$c = 10$		$d = 40$		$e = 95$		$T_2 = 443 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	20	22	32,5	36	40	50	60	65	70	80	90		100	
	$T_K, \text{ K}$	585	535,5	489	479	424	438	449,5	464	457,6	449	567	598	519,5		527	
20	A – MgCl ₂ , B – TlCl			$T_1 = 923 \text{ K}$		$a = 50$		$b = 80$		$c = 10$		$d = 50$		$e = 85$		$T_2 = 703 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	5	15	28	33,3		50		66,6		75		90		100	
	$T_K, \text{ K}$	708	698	682	635	685		767		796		658		950		991	

Вар.	Таблица 17.																
21	A – MgCl ₂ , B – RbCl			$T_1 = 873 \text{ K}$		$a = 40$		$b = 90$		$c = 10$		$d = 50$		$e = 75$		$T_2 = 793 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	17,5	23,7	25,9	28	29	30,4	35,5	37,5	43,8	50	58,1	65	68,3	78,7	100
	$T_K, \text{ K}$	991	868	764	746	736	732	743	754	784	816	823	809	783	821	898	984
22	A – MnCl ₂ , B – RbCl			$T_1 = 873 \text{ K}$		$a = 30$		$b = 95$		$c = 10$		$d = 40$		$e = 60$		$T_2 = 733 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	15	22	27	30	32	35	40	45	50	55	65	68	70	80	100
	$T_K, \text{ K}$	999	879	813	749	741	733	713	767	793	799	797	755	733	743	803	923
23	A – MgSO ₄ , B – K ₂ SO ₄			$T_1 = 1273 \text{ K}$		$a = 50$		$b = 90$		$c = 10$		$d = 30$		$e = 85$		$T_2 = 1073 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	20	30	40	50	63,9	66,8	71		75,3		82,3		100	
	$T_K, \text{ K}$	1349	1308	1236	1123	1019	1103	1200	1203	1193		1177		1247		1397	
24	A – PbCl ₂ , B – TlCl			$T_1 = 723 \text{ K}$		$a = 50$		$b = 85$		$c = 10$		$d = 50$		$e = 75$		$T_2 = 673 \text{ K}$	
	$x_A, \%$	0	10	15,5	20	25	30	36,5	40	50	60	66,6	70	75	80	90	100
	$T_K, \text{ K}$	708	679	661	675	680	676	650	658	680	705	708	707	700	720	752	773

Теоретические вопросы № 2 для текущей и промежуточной аттестации

по дисциплине физическая химия, 3 семестр

(наименование дисциплины)

Дидактическая единица: «Растворы электролитов»

1. В чем состоят отклонения растворов электролитов от законов Рауля и Вант-Гоффа? Как объясняются эти отклонения?
2. Объясните физический смысл изотонического коэффициента, выведите уравнение, связывающее изотонический коэффициент (i) и степень диссоциации (α).
3. Какими методами определяется степень диссоциации? Выведите уравнение закона разбавления Оствальда (зависимость α от $c(V)$). Что такое кажущаяся степень диссоциации?
4. Расположите в порядке повышения температуры кипения следующие водные растворы (концентрация каждого равна 0,1 моль/кг): хлорида калия, мочевины, уксусной кислоты, хлорида кальция, нитрата алюминия.
5. Величины pK для хлорной и азотной кислот в уксусной кислоте, как растворителе, соответственно равны 4,95 и 9,38. Какая из двух кислот в данном растворителе является более сильной? Запишите протолитические равновесия.
6. Изменится ли и как константа диссоциации слабого электролита, если в качестве растворителя вместо воды взять метанол?
7. Какими свойствами обладают буферные смеси? Где они применяются, и в чём состоит механизм их действия.
8. Выведите уравнения:
 - а) для концентрации ионов водорода в ацетатной буферной смеси;
 - б) для концентрации гидроксид-ионов в аммиачной буферной смеси.
9. Что такое буферная ёмкость? От чего она зависит? Как определяется на опыте?
10. Перечислите допущения, сделанные в теории сильных электролитов (Дебай-Хюккель). Что такое ионная атмосфера?
11. Что такое ионная сила, как зависит средний ионный коэффициент активности от ионной силы (предельный закон Дебая-Хюккеля)?
12. Какое свойство растворителя является определяющим в его способности ионизировать растворенное вещество?

Дидактическая единица: «Неравновесные явления в растворах электролитов»

13. Дайте определение понятия «удельная электропроводность» раствора электролита? От каких параметров она зависит? Какова ее размерность?
14. Как удельная электропроводность растворов электролитов зависит от концентрации? Почему на этой зависимости наблюдается максимум?
15. Дайте определения понятий «молярная электропроводность» и «эквивалентная электропроводность». Каковы размерности этих величин? Как они связаны с удельной электропроводностью?
16. Как эквивалентная электропроводность зависит от концентрации (разведения)? Что такое предельная эквивалентная электропроводность?
17. Как связаны между собой эквивалентная электропроводность и предельная эквивалентная электропроводность в разбавленных растворах слабых электролитов?
18. Сформулируйте закон Кольрауша. Каков его физический смысл?

19. Какую величину называют подвижностью иона? Какова ее размерность? Дайте определение понятия «число переноса» иона. Какова его размерность? Как оно связано с подвижностью ионов в растворе? Чем объясняют аномально высокие подвижности ионов H^+ и OH^- в водных растворах?
20. Что такое «стоксов радиус» иона? Как он соотносится с кристаллографическим радиусом?
21. Как эквивалентная электропроводность зависит от температуры? Чем обусловлена эта зависимость?
22. Дайте определения понятий «релаксационный» и «электрофоретический» эффекты. В чем причины их возникновения?
23. В чем состоит эффект Вина и эффект Дебая-Фалькенгагена? Каковы причины их возникновения?

Дидактическая единица: «Равновесие электрохимических процессов»

24. Основные окислители и восстановители. Классификация окислительно-восстановительных реакций. Метод полуреакций.
25. Что такое гальванический элемент? Какие скачки потенциалов и в каких местах возникают в гальваническом элементе?
26. Поясните термин «электрохимический потенциал».
27. В каком случае напряжение в электрохимической цепи называют электродвижущей силой? Выразите ЭДС цепи $M_2|M_1|$ раствор $L|M_2$ через гальвани-потенциалы.
28. Приведите формулу, связывающую ЭДС цепи с изменением энергии Гиббса потенциалопределяющей реакции.
29. Выведите разными способами уравнение Нернста для электрохимической цепи.
30. Поясните термин «электрод» в электрохимии. Что такое стандартный (нормальный) водородный электрод? Дайте определение электродного потенциала.
31. Приведите пример электрода первого рода: схему, протекающую на нем полуреакцию и выражение для электродного потенциала.
32. Приведите пример электрода второго рода: схему, протекающую на нем полуреакцию и выражение для электродного потенциала.
33. Приведите пример электрода третьего рода: схему, протекающую на нем полуреакцию и выражение для электродного потенциала.
34. Поясните термин «редокс-электрод». Приведите пример простой редокс-системы с указанием электродной реакции и уравнения для электродного потенциала. Приведите пример сложной редокс-системы: схему, уравнение полуреакции и выражение для электродного потенциала.
35. Приведите пример газового электрода: схему, электродную реакцию и уравнение для электродного потенциала.
36. Какие электроды называют ионселективными? В каком диапазоне pH «работает» стеклянный электрод?
37. По каким признакам проводят классификацию электрохимических цепей?
38. Что является источником электрической энергии для физических цепей? Какие цепи к ним относятся?
39. Какие цепи называют концентрационными? Укажите источник электрической энергии в этом случае и приведите примеры таких цепей.

40. Какие цепи называют химическими? Что является источником электрической энергии в них? Приведите примеры химических цепей без переноса и с переносом.
41. В чем заключается правило Лютера?
42. Приведите формулы для вычисления термодинамических характеристик химической реакции на основании экспериментального определения ЭДС при разных температурах.
43. Что такое электролиз? Приведите примеры. Правила разряда ионов и молекул на электродах при электролизе в водном растворе или расплаве. Составьте схемы электролиза расплава и раствора хлорида натрия.
44. Раствор, содержащий по 0,1 моль нитратов цинка, меди (II), свинца (II) и натрия подвергается электролизу. В какой последовательности будут разряжаться ионы на катоде?
45. Сформулируйте законы Фарадея, напишите и поясните уравнение, объединяющее оба закона. Что такое выход по току.
46. Электродиализ. Электродиализатор с камерами обессоливания и концентрирования. Процессы переноса через ионообменные мембраны и процессы на электродах.
47. Электрохимические источники тока. Батареи, аккумуляторы, топливные элементы.
48. В чем заключается принципиальное различие химического и электрохимического механизмов коррозии?
49. Будут ли изделия из цинка подвергаться коррозии в атмосфере сухого хлора при стандартных условиях? Ответ мотивируйте. К какому виду коррозии (по механизму) относится этот процесс?
50. Будут ли растворяться в растворе HCl в отсутствии и в присутствии растворенного кислорода следующие металлы: Mo, Mn, Cr, Fe, Cu, Pb, Zn?
51. Составьте уравнения самопроизвольно протекающих реакций при коррозии в воде цинка и олова, находящихся в контакте.
52. Какие процессы протекают при нарушении защитного покрытия на железе, погруженном в раствор хлорида натрия в следующих случаях:
- а) оцинкованное железо;
- б) хромированное железо?

Дидактическая единица: «Поверхностные явления и адсорбция»

53. Что такое поверхностная энергия? Укажите причины появления избытка поверхностной энергии.
54. Что называется поверхностно-активным веществом (ПАВ), как построена его молекула? Покажите графическую зависимость поверхностного натяжения от концентрации для поверхностно-активных, -инактивных, -неактивных веществ?
55. Что называется поверхностной активностью? Опишите способы ее определения. Как зависит поверхностная активность от длины углеводородной цепи молекулы ПАВ?
56. Напишите уравнение адсорбции Фрейндлиха. Как графически определить его константы?
57. Осуществите вывод изотермы Генри.
58. Осуществите вывод изотермы Лэнгмюра. Покажите, как графически определить константы уравнения. Укажите условия применимости уравнений Генри, Лэнгмюра и БЭТ.

59. Дайте сравнительную характеристику физической и химической адсорбции. Каков по знаку тепловой эффект адсорбции? Как влияет на адсорбцию повышение и понижение температуры?

60. Выведите уравнение Шишковского на основе изотерм Гиббса и Ленгмюра.

Комплект практических заданий для текущей и промежуточной аттестации

по дисциплине физическая химия, 3 семестр

Дидактическая единица: «Растворы электролитов»

1. Раствор, содержащий бромид натрия массой 0,933 г в воде массой 33,5 г, замерзает при температуре $-0,944^{\circ}\text{C}$. Вычислите кажущуюся степень диссоциации бромида натрия в этом растворе. Криоскопическая постоянная воды $1,86 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.
2. Раствор, содержащий в воде массой 100 г хлорид магния массой 2,6 г, замерзает при $-1,4^{\circ}\text{C}$. Вычислите изотонический коэффициент.
3. Определите давление пара раствора хлорида натрия, который замерзает при -1°C . Давление пара воды при этой температуре 28 гПа. Криоскопическая постоянная воды $1,86 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.
4. Определите температуру кипения раствора, содержащего в 1 кг воды 0,01 моль хлорида бария, если кажущаяся степень диссоциации его равна 87 %, а эбулиоскопическая постоянная воды $0,512 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.
5. Определите температуру замерзания раствора нитрата кальция, состоящего из воды массой 50 г и нитрата кальция массой 3,34 г. Степень диссоциации нитрата кальция в этом растворе равна 69,5%. Криоскопическая постоянная воды $1,86 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.
6. Давление насыщенного пара воды при 55°C равно 157,3 гПа. При растворении 7,45 г хлорида калия в 1000 г воды давление пара понизилось на 52 гПа. Вычислите кажущуюся степень диссоциации хлорида калия в этом растворе.
7. Найти молярную концентрацию (моль/л) раствора мочевины, который изотоничен раствору хлорида бария с молярной концентрацией 0,01 моль/л. Кажущаяся степень диссоциации хлорида бария 87%.
8. Вычислите осмотическое давление и температуру кипения водного раствора хлорида магния массовой долей 3,7%, плотностью $1,03 \text{ г/см}^3$ при 17°C и кажущейся степени диссоциации 70,5%.
9. Раствор, содержащий 0,05 моль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в 100 г воды замерзает при $-4,19^{\circ}\text{C}$. Определить кажущуюся степень диссоциации соли и осмотическое давление при 298 К, если плотность раствора равна $1,1 \text{ г/см}^3$.
10. Вычислить температуру замерзания раствора, содержащего 7,308 г хлорида натрия в 250 г воды, если при 18°C осмотическое давление данного раствора $2,1077\cdot 10^6 \text{ Па}$. Плотность раствора принять равной 1.
11. Раствор 1,7 г хлорида цинка в 250 г воды замерзает при $-0,24^{\circ}\text{C}$. Криоскопическая постоянная воды $1,86 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$. Вычислите степень диссоциации соли в этом растворе и осмотическое давление.
12. Вычислить давление пара над раствором и осмотическое давление раствора, содержащего в воде массой 44,7 г иодид кадмия массой 9,472 г, при 80°C . Давление пара воды при этой температуре 473 гПа, степень диссоциации соли 32,6%. Плотность раствора $1,08 \text{ г/см}^3$.
13. Определите молярную концентрацию ионов Al^{3+} и Cl^- в растворе хлорида алюминия с молярной концентрацией эквивалента 0,1 моль/л, если кажущаяся степень диссоциации соли равна 65%.

14. Определите pH насыщенного раствора гидроксида кальция, растворимость которого равна 0,17 г в 100 г воды. Плотность воды считать равной 1, диссоциацию – полной.
Ответ: 12,66.
15. Определить pH раствора уксусной кислоты, молярной концентрацией 0,1 моль/л, если константа диссоциации равна $1,75 \cdot 10^{-5}$.
16. Определить молярную концентрацию раствора уксусной кислоты, если pH равен 4,82, а константа диссоциации $1,75 \cdot 10^{-5}$.
17. Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты в растворе, если известно, что в 1 мл этого раствора содержится $5,94 \cdot 10^{19}$ молекул и $1,2 \cdot 10^{18}$ ионов.
18. Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты в 0,01 М растворе, если известно, что в 500 мл этого раствора содержится $3,13 \cdot 10^{21}$ частиц (молекул и ионов).
19. Определить число частиц (молекул и ионов), образующихся при растворении 1,2 г уксусной кислоты в 0,5 л воды, если степень диссоциации составляет 2%.
20. Рассчитайте константу диссоциации и число всех частиц в 0,01 М растворе азотистой кислоты (кроме H_2O). Степень диссоциации азотистой кислоты в 0,01 М растворе составляет 0,2.
21. Вычислите концентрацию ионов водорода в 0,2%-ом растворе фтороводородной кислоты (плотность $\approx 1 \text{ г/см}^3$), если степень её диссоциации 2%.
22. Вычислите концентрацию ионов водорода в растворе, полученном при внесении 1,6 г оксида серы (VI) в 2 л воды. Изменением объёма раствора можно пренебречь. Почему в условии задачи не указана степень диссоциации вещества в растворе?
23. Сколько граммов гидроксида калия содержится в 1 мл раствора, если концентрация гидроксильных ионов в таком растворе составляет 2 моль/л, а кажущая степень диссоциации щелочи равна 96%.
24. Вычислить pH раствора синильной кислоты с молярной концентрацией 0,04 моль/л, если константа диссоциации синильной кислоты равна $7,2 \cdot 10^{-10}$.
25. Две одноосновные органические кислоты при одинаковой молярной концентрации имеют степени диссоциации: первая – 0,2, вторая – 0,5. Константа диссоциации какой кислоты больше и во сколько раз?
26. Вычислите кажущуюся степень диссоциации раствора гидроксида бария с молярной концентрацией эквивалента 0,016 моль/л, если pH равен 12,16.
27. Определить молярную концентрацию гидроксида аммония, если pH раствора равен 11,6, а степень диссоциации 0,4%.
28. В каком соотношении нужно смешать раствор $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,4$ моль/л с раствором $c(\text{CH}_3\text{COOK}) = 0,1$ моль/л, чтобы pH полученного раствора был равен 4,44? $K_A(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Соль диссоциирует полностью.
29. Как изменится степень диссоциации раствора гидроксида аммония с молярной концентрацией 0,1 моль/л, если к его раствору добавить такое количество сухого хлорида аммония, чтобы его молярная концентрация в растворе была бы равной 0,1 моль/л? Константа диссоциации NH_4OH равна $1,8 \cdot 10^{-5}$. Диссоциацию NH_4Cl считать полной.
30. Определите pH смеси аммиака и хлорида аммония, если она приготовлена из растворов этих веществ молярной концентрации 0,1 моль/л в отношении 1 : 9. $K_B(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Диссоциация соли – полная.
31. К раствору $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,3$ моль/л объёмом 100 мл добавлен раствор $c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,1$ моль/л объёмом 30 мл. Найти pH раствора, если константа диссоциации уксусной кислоты равна $1,8 \cdot 10^{-5}$.

32. Найти pH буферной смеси приготовленной из раствора дигидрофосфата натрия ($c(\frac{1}{3} \text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,2$ моль/л) объемом 50 мл и раствора гидрофосфата натрия ($c(\frac{1}{3} \text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,4$ моль/л) объемом 20 мл. $K_A(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 1 \cdot 10^{-7}$. Диссоциацию Na_2HPO_4 на ионы Na^+ и ионы HPO_4^{2-} считать полной.
33. Вычислить ΔG° , ΔH° и ΔS° процесса диссоциации бензойной кислоты, если её pK_A при 35°C и 45°C равны соответственно 4,221 и 4,241.
34. Константы диссоциации уксусной кислоты при 25°C и 40°C равны соответственно $1,754 \cdot 10^{-5}$ и $1,703 \cdot 10^{-8}$. Вычислите термодинамические характеристики процесса диссоциации уксусной кислоты.
35. Вычислите константу диссоциации гидроксида аммония при 20°C , если при 18°C она равна $1,72 \cdot 10^{-5}$, а при 25°C равна $1,81 \cdot 10^{-5}$.
36. Вычислить ΔG° , ΔH° и ΔS° процесса диссоциации синильной кислоты в воде при 298 К, пользуясь справочными данными о термодинамических свойствах соединений и ионов в водных растворах.
37. Используя данные об энергиях Гиббса образования твердых солей и ионов в воде, рассчитайте растворимость CaSO_4 .

Дидактическая единица: «Неравновесные явления в растворах электролитов»

1. Электрическое сопротивление 0,01 М раствора хлорида калия, заполняющего электролитическую ячейку, равно 300 Ом при 298 К, удельная электропроводность этого раствора $\kappa = 0,1423$ См/м. Вычислите удельную и эквивалентную электропроводности 0,1 М раствора LiNO_3 , если его электросопротивление в данной ячейке равно 45,8 Ом.
2. В ячейку для измерения электропроводности помещены на расстоянии 1,2 см между ними плоские электроды площадью по 4 см². Определите удельную и эквивалентную электропроводности 10^{-2} М раствора KBr , если электросопротивление этого раствора в данной ячейке равно 209,5 Ом.
3. Электрическое сопротивление наполняющего сосуд для измерения электропроводности 0,1 М раствора KCl равно 42 Ом при 293 К, а 0,1 М раствора LiCl – 50,7 Ом. Рассчитайте удельную и эквивалентную электропроводности раствора LiCl , если удельная электропроводность указанного раствора KCl равна 1,167 См/м. *Ответ:* 0,966 См/м; $96,6 \cdot 10^{-4}$ См·м²·моль⁻¹.
4. В сосуд для измерения электропроводности помещены плоские электроды площадью 3 см² каждый, расстояние между ними 1,5 см. Вычислите удельную и эквивалентную электропроводности 10^{-2} М раствора NaI , если электросопротивление этого раствора в данном сосуде 419,8 Ом.
5. Электрическое сопротивление 0,02 М раствора хлорида калия в ячейке для определения электропроводности равно 170 Ом при 298 К, удельная электрическая проводимость этого раствора 0,2765 См/м. Определите удельную и эквивалентную электропроводности $5 \cdot 10^{-2}$ М раствора NH_4NO_3 , помещенного в данную ячейку, если известно, что при разности потенциалов 0,8 В через этот раствор проходит ток силой 12,2 мА.
6. В ячейку для измерения электропроводности помещены плоские электроды площадью по 4,5 см² на расстоянии 0,9 см между ними. Рассчитайте удельную и молярную электропроводности 10^{-2} М раствора NH_4Cl , помещенного в данную ячейку, если известно, что при разности потенциалов 1,2 В через этот раствор проходит ток силой 8,5 мА.

7. В сосуд для измерения электропроводности помещены на расстоянии 1,82 см один от другого плоские электроды поверхностью $5,2 \text{ см}^2$ каждый. Вычислите удельную и молярную электропроводности $1,56 \cdot 10^{-2} \text{ М}$ раствора муравьиной кислоты, помещенного в данный сосуд, если известно, что при разности потенциалов 2,18 В через этот раствор проходит ток силой 4,2 мА.
8. Электрическое сопротивление 0,1 М раствора KCl в сосуде для измерения электропроводности равно 32,6 Ом при 298 К, удельная электрическая проводимость этого раствора 1,288 См/м. Определите удельную и молярную электропроводности 0,125 М раствора NH_4OH , помещенного в данный сосуд, если известно, что при разности потенциалов 18 В через этот раствор проходит ток силой 18,2 мА.
9. Найдите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора NaCl при 293 К, если его плотность $1,0125 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и удельная электрическая проводимость 3,325 См/м.
10. Вычислите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора CuSO_4 при 293 К, если его удельная электропроводность 1,1034 См/м, плотность раствора $1,019 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
11. Определите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора CaCl_2 при 293 К, если плотность раствора $1,0148 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, удельная электропроводность 3,455 См/м.
12. Рассчитайте молярную и эквивалентную электропроводности 4%-го раствора AgNO_3 при 293 К, если его плотность $1,0327 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, удельная электропроводность 2,187 См/м.
13. Найдите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора CdSO_4 при 291 К, если его удельная электрическая проводимость 1,1034 См/м, плотность раствора $1,019 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
14. Определите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора BaCl_2 при 293 К, зная, что его плотность $1,016 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, удельная электропроводность 1,8934 См/м.
15. Вычислите молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора NiSO_4 при 291 К, если плотность раствора $1,02 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, удельная электропроводность 1,678 См/м.
16. Рассчитайте молярную и эквивалентную электропроводности 2%-го раствора AlCl_3 при 291 К, если его плотность $1,0164 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, удельная электропроводность 3,565 См/м.
17. Определите удельную электропроводность раствора, содержащего 0,5 М Li_2SO_4 и серную кислоту; pH 1. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.
18. Вычислите удельную электрическую проводимость раствора, содержащего FeCl_2 ($C = 5 \cdot 10^{-2} \text{ М}$) и соляную кислоту; pH 2. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.
19. Рассчитайте удельную электропроводность раствора, состоящего из нитрата кальция ($C = 10^{-2} \text{ М}$) и азотной кислоты; pH 0,5. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.
20. Найдите удельную электропроводность раствора, содержащего 0,1 М бромид бария и кислоту HBr; pH = 0. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.
21. Вычислите удельную электропроводность раствора, состоящего из хлорида меди ($C = 10^{-1} \text{ М}$) и соляной кислоты; pH = 1. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.
22. Определите удельную электрическую проводимость раствора, представляющего смесь сульфата цинка ($C = 0,1 \text{ М}$) и серной кислоты; pH = 0. Предельные подвижности ионов найдите в справочнике.

23. Удельная электропроводность раствора муравьиной кислоты при разведении 64 л/моль и температуре 298 К равна $6,75 \cdot 10^{-2}$ См/м. Рассчитайте степень диссоциации, pH раствора и константу диссоциации кислоты, если предельные подвижности ионов H^+ и HCOO^- соответственно равны $349,8 \cdot 10^{-4}$ и $54,6 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
24. Вычислите степень диссоциации, pH раствора и константу диссоциации гидроксида аммония при разведении 128 л/моль, если при 298 К удельная электропроводность раствора равна $1,05 \cdot 10^{-2}$ См/м, а предельные подвижности ионов NH_4^+ и OH^- соответственно равны $73,5 \cdot 10^{-4}$ и $198,3 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
25. Удельная электропроводность раствора хлоруксусной кислоты при разведении 1024 л/моль и 298 К равна $2,594 \cdot 10^{-2}$ См/м. Найдите степень диссоциации, pH раствора и константу диссоциации кислоты, если предельные подвижности ионов H_3O^+ и $\text{CH}_2\text{ClCO}_2^-$ соответственно равны $349,8 \cdot 10^{-4}$ и $39,8 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
26. Определите степень диссоциации, pH раствора и константу диссоциации уксусной кислоты при разведении 32 л/моль, если при 298 К удельная электрическая проводимость раствора равна $2,8754 \cdot 10^{-2}$ См/м, а предельные подвижности ионов H_3O^+ и CH_3COO^- соответственно равны $349,8 \cdot 10^{-4}$ и $40,9 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
27. Удельная электропроводность раствора пропионовой кислоты при разведении 256 л/моль и 298 К равна $8,48 \cdot 10^{-3}$ См/м. Вычислите степень диссоциации, pH раствора и константу диссоциации кислоты, если предельные подвижности ионов H_3O^+ и $\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ соответственно равны $349,8 \cdot 10^{-4}$ и $35,8 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
28. Электрическое сопротивление ячейки для измерения электропроводности, наполненной 0,01 М раствором KCl, равно 368 Ом при 298 К. Удельная электропроводность этого раствора 0,1413 См/м. Ячейку наполняют раствором нитрата кальция, концентрация которого равна C_1 , электросопротивление $R_1 = 12,84$ Ом. Затем добавляют к этому раствору хлорид кальция с концентрацией C_2 , электросопротивление суммарного раствора $R_2 = 9,61$ Ом. Найдите концентрации C_1 и C_2 . Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
29. Сопротивление 0,1 М раствора KCl в сосуде для определения электропроводности равно 49 Ом при 298 К, удельная электрическая проводимость этого раствора равна 1,288 См/м. Сосуд наполняют раствором сульфата меди, концентрация которого равна C_1 , электросопротивление $R_1 = 231,1$ Ом. Затем добавляют к первому раствору второй – бромид меди концентрацией C_2 , электросопротивление суммарного раствора $R_2 = 38,95$ Ом. Определите концентрации C_1 и C_2 . Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
30. Электрическое сопротивление 0,02 М раствора KCl в электролитической ячейке равно 155,5 Ом при 298 К, удельная электропроводность этого раствора 0,2765 См/м. Ячейку наполняют раствором нитрата кобальта(II), концентрация которого равна C_1 , электросопротивление – $R_1 = 3,43$ Ом. Затем к первому раствору добавляют второй – нитрата натрия концентрацией C_2 , общее электросопротивление смеси $R_2 = 2,65$ Ом. Вычислите концентрации C_1 и C_2 . Сведения о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
31. Электрическое сопротивление 0,1 М раствора KCl в ячейке для определения электропроводности 46,6 Ом при 298 К, удельная электропроводность этого раствора 1,288 См/м. Ячейку наполняют раствором хлорида никеля, концентрация которого равна C_1 , сопротивление $R_1 = 153,4$ Ом. Затем к первому раствору добавляют второй – сульфата никеля концентрацией C_2 , суммарное сопротивление $R_2 = 91,05$ Ом. Рассчитайте значения концентрации C_1 и C_2 . Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

32. Электрическое сопротивление 0,01 М раствора KCl в сосуде для измерения электропроводности 283,1 Ом при 298 К, удельная электропроводность этого раствора 0,1413 См/м. Сосуд наполняют раствором хлорида бария, концентрация раствора C_1 , электросопротивление $R_1 = 14,29$ Ом. К первому раствору добавляют второй – хлорида аммония концентрацией C_2 , электросопротивление смеси $R_2 = 3,88$ Ом. Найдите значения концентрации C_1 и C_2 . Сведения о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
33. Вычислите эквивалентную электропроводность изомасляной кислоты C_3H_7COOH при бесконечном разведении, степень диссоциации и pH раствора, если ее молярная электропроводность при разведении $V = 128$ л/моль и 298 К равна $15,9 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль, константа диссоциации кислоты $1,42 \cdot 10^{-5}$.
34. Определите молярную электрическую проводимость гидразина $N_2H_4 \cdot H_2O$ при бесконечном разбавлении, если его молярная электропроводность при 298 К и разведении $V = 256$ л/моль равна $5,5 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль, константа диссоциации основания $1,7 \cdot 10^{-6}$.
35. Константа диссоциации диметиламина $(CH_3)_2NH \cdot H_2O$ равна $6 \cdot 10^{-4}$ при 298 К, его молярная электропроводность при этой температуре и разведении 64 л/моль равна $45,3 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль. Рассчитайте молярную электропроводность диметиламина при бесконечном разведении.
36. Найдите молярную электропроводность этиламина $C_2H_5NH_2 \cdot H_2O$ при бесконечном разбавлении, если его молярная электропроводность при разведении 32 л/моль и 298 К равна $28,9 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль, константа диссоциации $3,18 \cdot 10^{-4}$.
37. Константа диссоциации диэтиламина $(C_2H_5)_2NH \cdot H_2O$ при 298 К равна $9,6 \cdot 10^{-4}$, его молярная электропроводность при этой температуре и разведении 16 л/моль равна $28,8 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль. Вычислите молярную электрическую проводимость амина при бесконечном разведении.
38. Определите молярную электропроводность пиперидина $C_5H_{11}N \cdot H_2O$ при бесконечном разбавлении, если его молярная электрическая проводимость при разведении 8 л/моль и 298 К равна $23,0 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль, константа диссоциации $1,32 \cdot 10^{-3}$.
39. Удельная электропроводность насыщенного раствора AgCl равна $1,34 \cdot 10^{-4}$ См/м при 291 К, удельная электрическая проводимость воды взятой для растворения этого соединения $1,0 \cdot 10^{-5}$ См/м. Рассчитайте растворимость (моль/л) соли и произведение растворимости, считая насыщенный раствор бесконечно разбавленным и соль полностью диссоциированной. Предельные подвижности ионов Ag^+ и Cl^- при этой температуре соответственно равны $53,5 \cdot 10^{-4}$ и $66,4 \cdot 10^{-4}$ См·м²/моль.
40. Удельная электропроводность насыщенного раствора хлорида серебра при 298 К равна $1,92 \cdot 10^{-4}$ См/м, удельная электропроводность воды, взятой для растворения соли, $1,0 \cdot 10^{-5}$ См/м. Вычислите растворимость (моль/л) и произведение растворимости AgCl при указанной температуре. Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
41. Определите растворимость (моль/л) насыщенного раствора AgBr и произведение растворимости при 291 К, если удельная электропроводность этого раствора $5,76 \cdot 10^{-5}$ См/м, удельная электропроводность воды, использованной при растворении $3,6 \cdot 10^{-5}$ См/м. Сведения о подвижностях ионов возьмите в справочнике.
42. Удельная электропроводность насыщенного раствора $AgIO_3$ равна $1,797 \cdot 10^{-3}$ См/м при 298 К; удельная электропроводность воды, использованной для растворения, $1,0 \cdot 10^{-4}$ См/м. Найдите растворимость и произведение растворимости $AgIO_3$, если эквивалентная электропроводность при бесконечном разведении Λ^0 , См·м²/моль: $102,8 \cdot 10^{-4}$ для $AgCOOCH_3$, $91,0 \cdot 10^{-4}$ для $NaCOOCH_3$, $91,1 \cdot 10^{-4}$ для $NaIO_3$.
43. Вычислите растворимость насыщенного раствора $AgBrO_3$ и произведение растворимости при 291 К, если удельная электропроводность раствора $4,762 \cdot 10^{-2}$ См/м,

удельная электропроводность взятой для растворения воды $1,20 \cdot 10^{-4}$ См/м, предельные эквивалентные электропроводности Λ^0 , См·м²/моль: $115,8 \cdot 10^{-4}$ для AgNO₃, $112,9 \cdot 10^{-4}$ для KBrO₃ и $126,2 \cdot 10^{-4}$ для KNO₃.

44. Удельная электропроводность насыщенного раствора CaSO₄ при 298 К равна $1,396 \cdot 10^{-1}$ См/м, удельная электропроводность взятой для растворения соли воды – $1,0 \cdot 10^{-4}$ См/м. Рассчитайте растворимость и произведение растворимости CaSO₄ при данной температуре. Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

45. Удельная электропроводность насыщенного раствора оксалата кальция $8,62 \cdot 10^{-4}$ См/м при 291 К, а взятой для растворения соли воды $2 \cdot 10^{-5}$ См/м. Определите растворимость и произведение растворимости CaC₂O₄ при этой температуре. Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

46. Найдите растворимость насыщенного раствора BaC₂O₄ и произведение растворимости при 291 К, если удельная электропроводность раствора $7,143 \cdot 10^{-3}$ См/м, а воды, использованной для растворения, $1,21 \cdot 10^{-4}$ См/м. Сведения о предельных подвижностях ионов возьмите в справочнике.

47. Удельная электропроводность насыщенного раствора Ag₂SO₄ равна $4,542 \cdot 10^{-1}$ См/м при 298 К, удельная электропроводность взятой для растворения соли воды $1,0 \cdot 10^{-4}$ См/м. Рассчитайте растворимость и произведение растворимости Ag₂SO₄ при указанной температуре. Данные о подвижностях ионов найдите в справочнике.

48. Вычислите растворимость (моль/л) насыщенного раствора CaF₂ и произведение растворимости при температуре 291 К, если удельная электропроводность раствора $3,65 \cdot 10^{-3}$ См/м, а использованной для растворения соли воды $8,0 \cdot 10^{-5}$ См/м. Сведения о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

49. Удельная электропроводность насыщенного раствора PbSO₄ равна $2,90 \cdot 10^{-3}$ См/м при 291 К, а взятой для растворения соли воды – $1,3 \cdot 10^{-5}$ См/м. Найдите растворимость и произведение растворимости сульфата свинца при указанной температуре. Данные о подвижностях ионов возьмите в справочнике.

50. Рассчитайте растворимость насыщенного раствора Fe(OH)₂ и произведение растворимости при 298 К, если удельная электропроводность раствора $3,045 \cdot 10^{-4}$ См/м, а воды, взятой для растворения гидроксида, $1,0 \cdot 10^{-5}$ См/м. Сведения о подвижностях ионов найдите в справочнике.

Дидактическая единица: «Равновесие электрохимических процессов»

1. Почему соли кобальта(III), как правило, неустойчивы в водных растворах?
2. Являются ли растворы солей железа(II) устойчивыми на воздухе? Почему их сохраняют в присутствии металлического железа?
3. Какие металлы осаждаются из водного раствора, содержащего хлориды кадмия, кобальта(II) и ртути(II), если в раствор опустить оловянную пластинку? Принять активности ионов в растворе равными единице.
4. Будут ли устойчивыми при 25°C в отсутствие комплексообразующих агентов водные растворы ионов: а) Tl⁺; б) Cu⁺?
5. Каким путем можно окислить фториды до газообразного фтора?
6. Является ли пероксид водорода H₂O₂ окислителем или восстановителем по отношению к следующим редокс-системам при нормальных концентрациях ионов: а) I⁻ | I₂; б) S₂O₈²⁻ | SO₄²⁻; в) Fe³⁺ | Fe²⁺?
7. В раствор, содержащий нитраты цинка, свинца и серебра, опускают медную проволоку. Что происходит? Принять активности ионов в растворе равными единице.

8. Каким путем можно восстановить нитрат-ион до: а) NO; б) HNO₂; в) NH₃?
9. Могут ли ионы железа(III) окислить ионы: а) Br⁻ до Br₂; б) I⁻ до I₂? Ответ мотивируйте.
10. До какого состояния можно окислить ионы Mn²⁺ в кислой среде: а) с участием дихромата калия; б) с помощью фтора; в) в присутствии NaIO₃?
11. Укажите область pH, в которой протекает реакция диспропорционирования хлора в водном растворе с образованием хлорной воды. Считать единичными концентрации всех окисленных и восстановленных форм, кроме ионов H⁺.
12. С участием какого галогена можно окислить: а) Sn²⁺ до Sn⁴⁺; б) Fe²⁺ до Fe³⁺; в) Tl⁺ до Tl³⁺?
13. Определите область pH, в которой протекает реакция диспропорционирования йода в водном растворе. Кристаллический йод практически не растворяется в воде, но в присутствии ионов I⁻ легко переходит в раствор в результате реакции комплексообразования: I₂ + I⁻ ⇌ I₃⁻. Считать единичными концентрации всех окисленных и восстановленных форм, кроме ионов H⁺.
14. Можно ли окислить в кислой среде с помощью дихромата калия: а) ионы галогенов; б) Cr²⁺ до Cr³⁺; в) Ce³⁺ до Ce⁴⁺?
15. Укажите область pH, в которой протекает реакция окисления иона Fe²⁺ дихроматом калия. Активности всех окисленных и восстановленных форм, кроме ионов H⁺, равны единице.
16. Какая реакция при смешивании H₂O₂ с ионами Fe²⁺ является наиболее вероятной: окисления Fe²⁺ до Fe³⁺ или восстановления Fe²⁺ до Fe? Ответ мотивируйте.
17. Определите область pH, в которой происходит окисление ионов Cl⁻ перманганатом калия. Считайте активности всех окисленных и восстановленных форм, кроме ионов H⁺, равными единице.
18. Сравните действие на железо и медь растворов кислот при pH = 0: а) HCl; б) HNO₃.
19. Золото не окисляется в растворах соляной или азотной кислот, но растворяется в царской водке. Объясните эти явления, используя следующие данные: $E^{\circ}_{\text{NO}_3^-/\text{NO}} = 0,96 \text{ В}$; $E^{\circ}_{\text{Au}^+/\text{Au}} = 1,68 \text{ В}$; $E^{\circ}_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}} = 1,42 \text{ В}$; для реакции $\text{Au}^{3+} + 4\text{Cl}^- = \text{AuCl}_4^-$, lgβ₄ = 22; для реакции $\text{Au}^+ + 2\text{Cl}^- = \text{AuCl}_2^-$, lgβ₂ = 9.
20. Вычислите стандартный потенциал редокс-системы H₂O/H₂ при 25°C по отношению к стандартному водородному электроду.
21. Представьте схематически электрохимические цепи, в которых самопроизвольно протекают указанные ниже реакции, запишите полуреакции. Вычислите по справочным данным при 25°C стандартные значения ЭДС элемента, изменения энергии Гиббса и константу равновесия.

	Схема 1	Схема 2
1.	$\text{Co} + \text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{Sn}$	$\text{Ni} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{NiCl}_2 + 2\text{Ag}$
2.	$\text{Zn} + 2\text{Ag}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Ag}$	$2\text{Fe}^{3+} + 3\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_3^-$
3.	$\text{Tl}^+ + 2\text{Ce}^{4+} \rightleftharpoons \text{Tl}^{3+} + 2\text{Ce}^{3+}$	$\text{Pb} + 2\text{AgBr} \rightleftharpoons \text{PbBr}_2 + 2\text{Ag}$
4.	$\text{Zn} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{ZnCl}_2$	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{SO}_4^{2-}$
5.	$\text{Au}^{3+} + 1,5\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Au} + 3\text{H}^+$	$2\text{Hg} + \text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Cu}$
6.	$\text{Hg} + 2\text{Co}^{3+} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{Co}^{2+}$	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{I}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HAsO}_2 + \text{I}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$
7.	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{4+} + 2\text{Fe}^{2+}$	$\text{Ag} + \frac{1}{2}\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{AgCl}$
8.	$\text{Pb} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{H}_2$	$\text{Cd} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Hg}_{(\text{ж})}$

9.	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{Co}^{3+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{4+} + 2\text{Co}^{2+}$	$\text{Tl} + \text{AgI} \rightleftharpoons \text{TlI} + \text{Ag}$
10.	$\text{Li} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Li}^+ + \frac{1}{2}\text{H}_2$	$\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$
11.	$\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{Fe}^{2+}$	$\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{AgI}$
12.	$\text{Sn} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SnCl}_2 + 2\text{Hg}$	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{Ce}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 2\text{Ce}^{3+} + 4\text{H}^+$
13.	$\text{H}_2 + \text{Ti}^{3+} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{Ti}^+$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
14.	$\text{Mg} + \text{Se} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + \text{Se}^{2-}$	$\frac{1}{2}\text{H}_2 + \text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{HCl}$
15.	$\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{AgBr}$	$\text{MnO}_4^- + 5\text{Cl}^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 5/2\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

22. Напишите полуреакции, протекающие на электродах, и суммарную реакцию при работе электрохимической цепи. Получите уравнение для ЭДС цепи через активности ионов и среднюю ионную активность электролита. Определите стандартное значение ЭДС при 25°C.

	Схема 1	Схема 2
1.	Pb PbBr ₂ MnBr ₂ Hg ₂ Br ₂ , Hg Pb	Cu CuSO ₄ Ag ₂ SO ₄ , Ag Cu
2.	Pt Ag, Ag ₂ O KOH O ₂ , Pt	Zn Na Na ₂ S ZnS, Zn
3.	Ag Ni NiCl ₂ AgCl, Ag	Pt CO ₂ , HCOOH H ₂ SO ₄ H ₂ , Pt
4.	Sn SnCl ₂ Hg ₂ Cl ₂ , Hg Sn	Pt Tl, TlOH Ba(OH) ₂ O ₂ , Pt
5.	Cd, CdS K ₂ S S Cd	Pt, H ₂ H ₂ SO ₄ Hg ₂ SO ₄ , Hg Pt
6.	Ag Fe FeI ₂ AgI, Ag	Pt Tl, TlCl CdCl ₂ Cl ₂ , Pt
7.	Pt Ag, AgBr HBr Br _{2(ж)} Pt	Cu, CuI CuI ₂ Cu
8.	Pt Pb, PbO Ba(OH) ₂ O ₂ , Pt	Zn ZnBr ₂ Hg ₂ Br ₂ , Hg Zn
9.	Pt Ag, Ag ₂ SO ₄ H ₂ SO ₄ HClO, Cl ₂ , Pt	Pb, PbI ₂ NiI ₂ Ni Pb
10.	Pt Ag AgF F ₂ Pt	Cu Co CoCl ₂ CuCl, Cu
11.	Ba Ba(OH) ₂ HgO, Hg Ba	Pt, Cu CuCl ₂ Cl ₂ , Pt
12.	Pt Hg, HgS Na ₂ S S, Pt	Ag Al AlCl ₃ AgCl, Ag
13.	Pt CO ₂ , HCOOH H ₂ SO ₄ Ag ₂ SO ₄ , Ag Pt	Pt Hg, Hg ₂ Br ₂ KBr Br ₂ Pt
14.	Pt Pb, PbCl ₂ CaCl ₂ Cl ₂ , Pt	Sn SnBr ₂ AgBr, Ag Sn
15.	Ag Ni, Ni(OH) ₂ Ba(OH) ₂ Ag ₂ O, Ag	Pt Hg, Hg ₂ I ₂ HgI I _{2(кп)} , Pt
16.	Zn ZnCl ₂ AgCl, Ag Zn	Cd CdSO ₄ Hg ₂ SO ₄ , Hg Cd
17.	Ag, AgI CaI ₂ Hg ₂ I ₂ , Hg Ag	Cu Th ThCl ₄ CuCl, Cu
18.	Cu, Cu ₂ S K ₂ S S Cu	Pb, PbBr ₂ NiBr ₂ Ni Pb
19.	Pt Hg, HgO Ba(OH) ₂ O ₃ , O ₂ , Pt	Mn MnCl ₂ Hg ₂ Cl ₂ , Hg Mn
20.	Pt Fe FeCl ₂ Cl ₂ , Pt	Co CoBr ₂ Hg ₂ Br ₂ , Hg Co

23. Вычислите значение стандартного электродного потенциала пары $\text{Cr}^{3+} | \text{Cr}$ по справочным данным о потенциалах окислительно-восстановительного электрода $\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+} | \text{Pt}$ и пары $\text{Cr}^{2+} | \text{Cr}$.

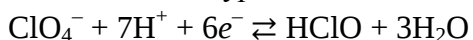
24. Определите значение стандартного редокс-электрода $\text{Hg}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+} | \text{Pt}$ по справочным данным о потенциалах пар $\text{Hg}^{2+} | \text{Hg}$ и $\text{Hg}_2^{2+} | \text{Hg}$.

25. Рассчитайте стандартный потенциал редокс-пары $\text{HClO} | \text{Cl}^-$ на основании значений стандартных потенциалов окислительно-восстановительных систем $\text{H}^+, \text{HClO} | \text{Cl}_2, \text{Pt}$ и $\text{Cl}^- | \text{Cl}_2, \text{Pt}$.

26. Вычислите стандартный электродный потенциал полуреакции восстановления $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 7\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn} + 4\text{H}_2\text{O}$, используя справочные данные о стандартных потенциалах редокс-системы $\text{H}^+, \text{MnO}_4^-, \text{Mn}^{2+} | \text{Pt}$ и пары $\text{Mn}^{2+} | \text{Mn}$.

27. Определите значение стандартного потенциала электрода $\text{Fe}^{3+} | \text{Fe}$ по справочным данным о потенциалах редокс-электрода $\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt}$ и пары $\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}$.

28. Рассчитайте стандартный потенциал полуреакции восстановления



на основании значений стандартных потенциалов редокс-систем

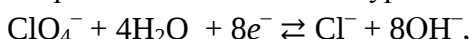
$\text{H}^+, \text{ClO}_3^-$, HClO_2 | Pt; $\text{H}^+, \text{HClO}_2, \text{HClO}$ | Pt и $\text{H}^+, \text{ClO}_4^-, \text{ClO}_3^-$ | Pt.

29. По справочным данным о стандартных потенциалах электродов первого рода $\text{Cu}^+ | \text{Cu}$ и $\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ найдите значение стандартного потенциала редокс-электрода $\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+ | \text{Pt}$.

30. Вычислите стандартный электродный потенциал полуреакции восстановления $\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, используя справочные данные о стандартных потенциалах редокс-системы $\text{H}^+, \text{MnO}_4^- | \text{MnO}_2$, Pt и системы $\text{MnO}_4^-, \text{MnO}_4^{2-} | \text{Pt}$.

31. Рассчитайте стандартный электродный потенциал пары $\text{Co}^{3+} | \text{Co}$ по справочным данным о потенциалах редокс-электрода $\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} | \text{Pt}$ и пары $\text{Co}^{2+} | \text{Co}$.

32. Определите значение стандартного потенциала полуреакции восстановления

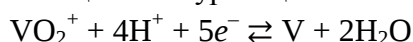


используя справочные данные о стандартных потенциалах редокс-систем

$\text{ClO}_2^-, \text{ClO}^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$; $\text{ClO}_4^-, \text{ClO}_3^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$; $\text{ClO}^-, \text{Cl}^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$ и $\text{ClO}_3^-, \text{ClO}_2^-, \text{OH}^- | \text{Pt}$.

33. По справочным данным о стандартных потенциалах электродов первого рода $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$ и редокс-системы $\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} | \text{Pt}$ найдите значение стандартного электродного потенциала $\text{Sn}^{4+} | \text{Sn}$.

34. Рассчитайте стандартный потенциал полуреакции восстановления

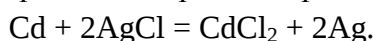


на основании значений стандартных потенциалов пары $\text{V}^{2+} | \text{V}$ и редокс-систем $\text{V}^{3+}, \text{V}^{2+} | \text{Pt}$; $\text{H}^+, \text{VO}_2^+, \text{V}^{3+} | \text{Pt}$ и $\text{H}^+, \text{VO}_2^+, \text{VO}^{2+} | \text{Pt}$.

35. Вычислите стандартный электродный потенциал пары $\text{Ti}^{3+} | \text{Ti}$ по справочным данным о потенциалах редокс-электрода $\text{Ti}^{3+}, \text{Ti}^{2+} | \text{Pt}$ и пары $\text{Ti}^{2+} | \text{Ti}$.

36. Вычислите тепловой эффект, изменение энергии Гиббса и энтропии реакции $\text{Zn} + 2\text{AgCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag}$ протекающей в гальваническом элементе при 293,2 К, если ЭДС элемента при этой температуре равна 1,0072 В. Для решения задачи используйте также стандартное значение ЭДС при 298,2 К.

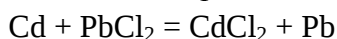
37. В гальваническом элементе при 298 К обратимо протекает реакция



Рассчитайте изменение энергии Гиббса и энтропии реакции при этой температуре. Стандартное значение ЭДС при 298 К рассчитайте по справочным данным. Стандартные теплоты образования CdCl_2 и AgCl равны 389,7 и 126,9 кДж/моль соответственно.

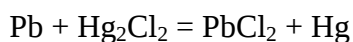
38. В элементе протекает реакция $\text{Ag} + \frac{1}{2}\text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{AgCl} + \text{Hg}$. Рассчитайте изменение стандартных значений энергии Гиббса, энтальпии и энтропии при 293,2 К, если ЭДС элемента при этой температуре равна 0,0439 В. Для решения задачи используйте также стандартное значение ЭДС при 298,2 К.

39. Вычислите тепловой эффект, изменение энергии Гиббса и энтропии реакции



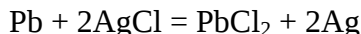
протекающей в гальваническом элементе при 293,2 К, если ЭДС элемента при этой температуре равна 0,19036 В. Для решения задачи используйте также стандартное значение ЭДС при 298,2 К.

40. Тепловой эффект реакции



равен $-94,2$ кДж/моль при $298,2$ К. ЭДС элемента, в котором обратимо протекает эта реакция, возрастает на $1,45 \cdot 10^{-4}$ В при повышении температуры на 1 К. Вычислите ЭДС элемента, изменение энергии Гиббса и энтропии при $298,2$ К.

41. Тепловой эффект при 298 К для реакции



равен $105,1$ кДж/моль. Вычислите ЭДС элемента, изменение энергии Гиббса и энтропии при $293,2$ К. Для решения задачи используйте стандартное значение ЭДС при $298,2$ К.

42. Зависимость ЭДС от температуры для цепи

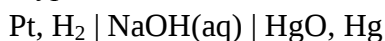


выражается уравнением

$$E = 0,4617 - 1,44 \cdot 10^{-4}(T - 298,2) + 1,4 \cdot 10^{-7}(T - 298,2)^2.$$

Рассчитайте для этой реакции изменение энергии Гиббса, энтальпии и энтропии при $303,2$ К.

43. Зависимость ЭДС от температуры для цепи



выражается уравнением

$$E = 0,9257 - 2,949 \cdot 10^{-4}(T - 298,2) + 4,99 \cdot 10^{-7}(T - 298,2)^2.$$

Рассчитайте для этой реакции изменение энергии Гиббса, энтальпии и энтропии при $303,2$.

44. Подвижности ионов Cu^{2+} и SO_4^{2-} соответственно равны 55 и 80 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух медных электродов в $0,1$ М и $0,01$ М растворах CuSO_4 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

45. Подвижности ионов Zn^{2+} и Cl^- соответственно равны 54 и 76 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух цинковых электродов в $0,1$ М и $0,01$ М растворах ZnCl_2 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

46. Подвижности ионов Cu^{2+} и Cl^- соответственно равны 55 и 76 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух медных электродов в $0,1$ М и $0,01$ М растворах CuCl_2 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

47. Подвижности ионов Cd^{2+} и Cl^- соответственно равны 54 и 76 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух кадмиевых электродов в $0,1$ М и $0,01$ М растворах CdCl_2 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

48. Подвижности ионов Ni^{2+} и Cl^- соответственно равны 54 и 76 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух никелевых электродов в $0,1$ М и $0,01$ М растворах NiCl_2 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

49. Подвижности ионов Cu^{2+} и NO_3^- соответственно равны 55 и 71 $\text{См} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух медных электродов

в 0,1 М и 0,01 М растворах $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

50. Подвижности ионов Ni^{2+} и SO_4^{2-} соответственно равны 54 и 80 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух никелевых электродов в 0,1 М и 0,01 М растворах NiSO_4 и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

51. Подвижности ионов Zn^{2+} и NO_3^- соответственно равны 55 и 71 $\text{См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$. Вычислите ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух цинковых электродов в 0,1 М и 0,01 М растворах $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и диффузионный потенциал на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля.

52. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

53. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

54. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

55. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



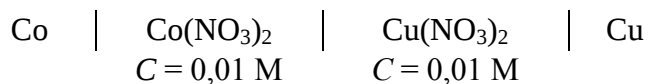
с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

56. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

57. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

58. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

59. Вычислите при 298 К ЭДС цепи



с учетом диффузионного потенциала, возникающего на границе соприкасающихся растворов. Коэффициенты активности катионов рассчитайте по теории Дебая-Хюккеля. Подвижности ионов возьмите из справочных данных.

60. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+}$.

61. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса $\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$.

62. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса $\text{Co(NH}_3)_6^{2+}$.

63. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса $\text{Ni(NH}_3)_6^{2+}$.

64. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса Ag(CN)_2^- .

65. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса $\text{Zn(NH}_3)_4^{2+}$.

66. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса Zn(CN)_4^{2-} .

67. По данным стандартных электродных потенциалов вычислите константу нестойкости комплекса Au(CN)_2^- .

68. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли TlI .

69. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли AgBr .

70. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли Ag_2SO_4 .

71. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли PbCl_2 .

72. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли CdS .

73. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли PbBr_2 .

74. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли FeS.
75. Воспользовавшись значениями стандартных электродных потенциалов, определите произведение растворимости малорастворимой соли PbSO₄.
76. ЭДС цепи, составленной из насыщенного каломельного электрода и водородного электрода, заполненного исследуемым раствором, при 298 К равна 0,562 В. Потенциал насыщенного каломельного электрода относительно водородного электрода равен 0,242 В. Вычислите pH раствора.
77. ЭДС цепи, составленной из стандартного водородного электрода и хингидронного электрода, заполненного исследуемым раствором, при 298 К равна 0,544 В. Определите pH исследуемого раствора. Стандартный потенциал хингидронного электрода равен 0,699 В.
78. ЭДС цепи, составленной из насыщенного каломельного электрода и хингидронного электрода, заполненного исследуемым раствором, при 298 К равна 0,274 В. Определите pH исследуемого раствора.
79. ЭДС цепи, составленной из насыщенного каломельного и водородного электрода, заполненного желудочным соком, при 298 К равна 0,332 В. Потенциал насыщенного каломельного электрода при 298 К равен 0,250 В. Определите pH желудочного сока.
80. При определении pH некоторого раствора с помощью водородного и каломельного электродов ЭДС цепи при 298 К равна 0,415 В. Каков pH раствора?
81. Водородный и каломельный электроды погружены в раствор с pH, равным 1,2. Какова ЭДС элемента? Электродный потенциал каломельного электрода в этом растворе равен 0,205 В.
82. ЭДС цепи, составленной из стандартного водородного электрода и хингидронного электрода, заполненного исследуемым раствором, при 298 К равна 0,544 В. Определите pH исследуемого раствора. Стандартный потенциал хингидронного электрода равен 0,699 В.

Дидактическая единица: «Поверхностные явления и адсорбция»

1. Поверхностное натяжение водного раствора изовалериановой кислоты молярной концентрации 0,0312 моль/л при 15°C равно $57,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите адсорбцию изовалериановой кислоты на поверхности раствора, если поверхностное натяжение воды равно $73,49 \cdot 10^{-3}$ Н/м.
2. Вычислите площадь, приходящуюся на молекулу стеариновой кислоты, и толщину (L) покрывающей поверхность воды, если известно, что $0,1 \cdot 10^{-6}$ кг стеариновой кислоты покрывает поверхность воды, равную $5 \cdot 10^{-2}$ м². Молекулярная масса стеариновой кислоты равна 284, плотность $0,85 \cdot 10^3$ кг/м³.
3. При какой концентрации поверхностное натяжение валериановой кислоты будет равно 52,1 мДж/м², если при 273 К коэффициенты уравнения Шишковского следующие: $a = 14,72 \cdot 10^{-3}$, $b = 10,4$?
4. Определите адсорбцию октиламина на поверхности миллимолярного раствора, если поверхностное натяжение воды $7,42 \cdot 10^{-2}$ Н/м, а поверхностное натяжение раствора равно $5,7 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

5. Определите поверхностную активность пеларгоновой кислоты ($C_8H_{17}COOH$) для раствора, содержащего 50 мг/л, если адсорбция равна $7,3 \cdot 10^{-6}$ моль/м².
6. Определите адсорбцию при 10°C для раствора пеларгоновой кислоты молярной концентрации $3,16 \cdot 10^{-5}$ моль/л, если поверхностное натяжение раствора равно $57 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а поверхностное натяжение воды при этой температуре равно $74,22 \cdot 10^{-3}$ Н/м.
7. Поверхностное натяжение 10% водного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,1$ г/см³) при 20°C равно $83 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите адсорбцию соляной кислоты на поверхности раствора и сделайте вывод о поверхностной активности соляной кислоты. Поверхностное натяжение воды при 20°C равно $72,8 \cdot 10^{-3}$ Н/м.
8. Поверхностное натяжение водного раствора гидроксида натрия массовой долей 20% при 20°C равно $85,8 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Определите адсорбцию на поверхности раствора и сделайте вывод о поверхностной активности гидроксида натрия. Поверхностное натяжение воды при 20°C равно $72,75 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а плотность раствора NaOH равна 1,219 г/см³.
9. Вычислите площадь, приходящуюся на молекулу некоторой высшей жирной карбоновой кислоты, и толщину (L) покрывающей поверхность воды, если известно, что $2 \cdot 10^{-5}$ кг, этой кислоты покрывает поверхность воды, равную 10 м². Молекулярная масса карбоновой кислоты равна 284, плотность $0,85 \cdot 10^3$ кг/м³.
10. Определите длину молекулы изоамилового спирта и площадь, занимаемую ею на поверхности раздела раствор/воздух, если предельная адсорбция $\Gamma_{\infty} = 50 \cdot 10^{-10}$ кмоль/м³, а плотность изоамилового спирта равна 780 кг/м³.
11. Определите длину молекулы пеларгоновой кислоты ($C_8H_{17}COOH$) на поверхности раздела раствор/воздух, если площадь, занимаемая молекулой в поверхностном слое, равна $4 \cdot 10^{-20}$ м². Плотность пеларгоновой кислоты 860 кг/м³.
12. Рассчитайте площадь, приходящуюся на одну молекулу в насыщенном адсорбционном слое фенола на поверхности его водного раствора, если предельная адсорбция Γ_{∞} равна $6 \cdot 10^{-10}$ кмоль/м².
13. Предельная адсорбция изопропилового спирта равна $7 \cdot 10^{-10}$ моль/см², его плотность равна 0,81 г/см³. Определите толщину адсорбционного слоя и площадь, занимаемую молекулой на поверхности.
14. Вычислите площадь адсорбированной молекулы олеиновой кислоты ($C_{11}H_{23}COOH$), если известно, что для образования монослоя площадью $6 \cdot 10^{-2}$ м² необходимо 0,3 мг кислоты.
15. Раствор пальмитиновой кислоты ($C_{16}H_{32}O_2$) в бензоле содержит 4,24 г/л кислоты. После нанесения раствора на поверхность воды бензол испарился, а пальмитиновая кислота образует мономолекулярную пленку. Какой объем раствора кислоты в бензоле требуется, чтобы покрыть мономолекулярным слоем поверхность, равную 500 см². Площадь молекулы пальмитиновой кислоты в монослое равна $21 \cdot 10^{-20}$ м².
16. При 293 К и концентрации пропионовой кислоты 0,1 моль/л коэффициенты уравнения Шишковского $a = 12,8 \cdot 10^{-3}$; $b = 7,16$. Определите адсорбцию (Γ) и поверхностную активность $d\sigma/dc$.
17. Предельная адсорбция валериановой кислоты равна $4 \cdot 10^{-6}$ моль/м². Рассчитайте коэффициенты уравнения Шишковского, если известно, что концентрация кислоты 4 моль/л при 293 К. Снижение поверхностного натяжения ($\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma$) составляет 2 мН/м.

18. Гексадеканол $C_{16}H_{33}OH$ используется для покрытия поверхности водоёмов в целях уменьшения испарения воды. Площадь молекулы спирта равна $2 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$. Сколько граммов спирта необходимо для покрытия мономолекулярной плёнкой площади в 10 акров ($40\,000 \text{ м}^2$)?
19. Сколько молекул брома поглощается одним квадратным метром поверхности, если 1 кг угля, имеющего поверхность 460 м^2 , поглощает 0,5 мг брома?
20. Рассчитайте адсорбцию азота (в $\text{м}^3/\text{кг}$) на слюде при 90 К по уравнению Лэнгмюра, если давление азота равно 670 Па, $\Gamma_{\infty} = 0,0385 \text{ м}^3/\text{кг}$, а $b = 847$.
21. Определите адсорбцию уксусной кислоты на животном угле при 25°C , если равновесная молярная концентрация кислоты равна 0,062 моль/л; $a = 0,155 \text{ моль}/\text{кг}$, $1/n = 0,42$.
22. Определите константу адсорбционного равновесия для адсорбции азота на слюде, описываемой изотермой Лэнгмюра, по следующим данным: $\Gamma_{\infty} = 0,0385 \text{ м}^3/\text{кг}$; $\Gamma = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{кг}$; $p(\text{N}_2) = 670 \text{ Па}$.
23. Определить удельную поверхность активированного угля по следующим данным: $\Gamma_{\infty} = 2,65 \text{ моль}/\text{кг}$; площадь поперечного сечения адсорбирующихся молекул (амиловый спирт) равна $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$.
24. Площадь поверхности 1 см^3 угля равна 1000 мм^2 . Какой объём аммиака при нормальных условиях может адсорбировать 125 см^3 угля, если его поверхность покрыта монослоем аммиака. Считайте, что поперечное сечение молекулы аммиака представляет квадрат с длиной стороны $2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ и что при полном заполнении поверхности молекулы касаются друг друга.
25. Вычислите удельную поверхность катализатора, если для образования монослоя молекул на нём должно адсорбироваться $0,1 \text{ м}^3/\text{кг}$ азота (н. у.). Площадь молекулы азота в монослое равна $16,2 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.
26. Вычислите удельную поверхность катализатора, если 25 л аммиака адсорбируется на 100 г катализатора. Площадь молекулы аммиака в монослое $4,5 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$.
27. Какой объём воздуха может быть очищен от паров бензина до остаточного содержания их $1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}/\text{м}^3$ пропусканием его через адсорбер, заполненный 1660 кг активированного угля, если начальное содержание бензина в воздухе $0,02 \text{ кг}/\text{м}^3$, а адсорбция бензина углём (Γ) равна $0,25 \text{ кг}/\text{кг}$. Сколько бензина будет возвращено производству?
28. Водород для синтеза аммиака очищается от оксида азота (II) адсорбцией его на цеолите (CaA) при -40°C и 2 МПа. Определите адсорбцию оксида азота (II) на цеолите (адсорбционную активность цеолита – Γ ($\text{кг}/\text{кг}$)), если 1 т цеолита полностью очищает $270\,000 \text{ м}^3$ водорода, содержащего $0,67 \text{ г}/\text{м}^3$ оксида азота (II).
29. Определите, сколько микропор приходится на 1 кг активированного угля, учитывая, что микропоры имеют цилиндрическую форму ($d = 1,2 \text{ нм}$, $h = 1,7 \text{ нм}$), а удельный объём микропор составляет $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$.
30. Сколько литров аммиака при 273 К и 1 атм может адсорбироваться на поверхности 25 г активированного угля, если образуется мономолекулярный слой? Поверхность 1 г угля примите равной 950 м^2 . Диаметр молекулы 3 Å. Ответ: $V = 12,5 \text{ л}$.

31. Вычислите площадь поверхности катализатора, 1 г которого при образовании монослоя адсорбирует при н. у. 83 см^3 азота. Примите, что эффективная площадь, занятая молекулой азота, равна $16,2 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.
32. Найдите степень заполнения поверхности аэросила при адсорбции натриевой соли бензилпенициллина из растворов концентрации 0,004, 0,0075 и 0,011 М, если адсорбция описывается уравнением Ленгмюра с константой адсорбционного равновесия 790 М^{-1} .
33. Давление при адсорбции некоторого количества CH_4 1 г древесного угля равно 42 Торр при 313 К и 261 Торр при 363 К. Вычислите теплоту адсорбции при данной степени заполнения.
34. При адсорбции этана на поверхности графитированной сажи степень заполнения $\theta = 0,5$ достигается при следующих значениях температуры и давления: 173 К, 2,15 Торр и 188 К, 7,49 Торр. Найдите изостерическую теплоту адсорбции.
35. Определите энтальпию адсорбции окиси азота на фториде бария, если для адсорбции 4 см^3 газа при 233 К необходимо создать давление 40,7 Торр, а при 273 К – 206,5 Торр.