

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физической химии

А.В. Введенский

31.08.2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.14 Физическая химия

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

2. Профиль подготовки/специализация: без специализации

3. Квалификация (степень) выпускника: специалист

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии

6. Составители программы: Введенский Александр Викторович, д.х.н., проф., Кравченко Тамара Александровна, д.х.н., проф., Козадеров Олег Александрович, д.х.н., доц., Грушевская Светлана Николаевна, к.х.н., доц.

7. Рекомендована: научно-методическим Советом химического факультета от 26.06.2017
протокол № 6

8. Учебный год: 2018-2019

Семестр(ы): 3, 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины - сформировать систему знаний о фундаментальных законах протекания физико-химических процессов и химических реакций, а также научить применять полученные знания в научных и прикладных исследованиях.

Основные задачи курса:

- дать основы химической термодинамики и её приложения в учении о химическом и фазовом равновесии и теории растворов;
- познакомить с основными положениями химической кинетики и их использованием при формально-кинетическом расчёте константы в рамках известных физико-химических моделей; выявить специфику каталитических реакций;
- дать сравнительную характеристику обратимых и необратимых процессов в гомогенных и гетерогенных электрохимических системах, используя современные концепции межчастичных взаимодействий и их зависимости от степени дисперсности с позиций термодинамики и кинетики;
- показать возможности применения фундаментальных основ физической химии и электрохимии для решения практических задач в области физико-химического анализа, металлургии, энергетики, коррозионной защиты и синтеза новых функциональных материалов с заданными свойствами.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: базовая часть блока 1

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: Уметь дифференцировать и интегрировать элементарные функции, знать специальные интегралы, основы линейной алгебры, квантовой механики, квантовой химии, молекулярной физики и классической термодинамики, применять знания о строении молекул.

Физическая химия является предшествующей для следующих дисциплин: Электрохимические технологии, Основы термодинамики необратимых процессов, Термодинамика гетерофазных равновесий, Химические источники тока.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	знать: основы физической химии и электрохимии; уметь: применять теоретические основы термодинамики и кинетики при решении профессиональных задач; иметь навыки: использования теоретических основ физической химии при решении экспериментальных задач.
ОПК-2	владение навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	знать: теоретические основы экспериментальных физико-химических и электрохимических методов уметь: использовать теоретические основы физической химии и электрохимии при решении практических задач владеть: основными экспериментальными методами физической химии и электрохимии
ОПК-6	владение нормами техники безопасности и умение реализовать их в лабораторных и тех-	знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории уметь: применять средства индивидуальной защиты владеть: базовыми приемами предупреждения и лик-

	нологических условиях	видации последствий аварийных ситуаций
ПК-1	способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	<p>знать: теоретические основы базовых методик физико-химического анализа</p> <p>уметь: реализовать на практике основные методики физико-химического анализа</p> <p>владеть: базовыми методиками химической и электрохимической термодинамики и кинетики</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 16/576.

Форма промежуточной аттестации – экзамен; зачет, экзамен, курсовая работа

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		3	4
Аудиторные занятия, в том числе:	278	144	134
лекции	104	54	50
практические	-	-	-
лабораторные	174	90	84
Самостоятельная работа	226	108	118
Форма промежуточной аттестации - экзамен	72	36	36
зачет			x
Курсовая работа			x
Итого:	576	288	288

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Первый закон термодинамики. Термохимия.	<p>Предмет и задачи физической химии. Основные разделы. Термодинамический метод исследований. Химическая термодинамика. Термодинамические системы: определение, классификация. Термодинамические параметры состояния системы. Уравнение состояния. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Коэффициент сжимаемости. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическая температура. Принцип соответственных состояний. Внутренние и внешние параметры. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Экстенсивные и интенсивные параметры. Теорема Эйлера. Парциальные молярные величины. Постулат о термодинамическом равновесии. Нулевой закон термодинамики. Термодинамический процесс. Самопроизвольные и несамопроизвольные, равновесные и неравновесные, обратимые (квазистатические) и необратимые процессы. Функции состояния и функции процесса. Постулат о существовании внутренней энергии. Теплота и работа. Первый закон термодинамики. Эквивалентность различных способов передачи энергии. Работа и теплота обратимого и необратимого процессов.</p> <p>Теплоемкость. Различные способы выражения теплоемкости. Применение первого закона к простейшим процессам с участием идеального газа. Энтальпия. Применение первого закона термодинамики к многокомпонентным закрытым системам. Химическая переменная. Калорические коэффициенты. Истинный и средний тепловой эффект химической реакции. Термохимия. Стандартные состояния. Закон Гесса и следствия из него. Стандартная теплота образования и сгорания веществ. Калориметрия. Зависимость теплового эффек-</p>

		та химической реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа: приближенное и точное решение. Степенные ряды теплоемкости.
1.2	Второй закон термодинамики. Энтропия и термодинамические потенциалы химических реакций	Направление самопроизвольных процессов. Постулат Томсона. Некомпенсированная теплота Клаузиуса. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори. Постулат о существовании энтропии – функции состояния и обобщенной силы в процессах теплообмена. Уравнение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Принцип возрастания энтропии. Статистическое толкование второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Расчет изменения энтропии в различных процессах. Абсолютная энтропия вещества. Постулат Планка. Энтропия химической реакции. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Фундаментальные уравнения Гиббса. Преобразование Лежандра. Характеристические функции. Термодинамические потенциалы. Критерии самопроизвольного протекания процессов и равновесия в закрытых системах. Соотношения Максвелла. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Термодинамические потенциалы идеального и реального газов. Уравнение Гиббса-Дюгема. Летучесть. Энергия Гиббса химической реакции. Химический потенциал. Влияние температуры на термодинамические потенциалы. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Расчет энергии Гиббса химической реакции.
1.3	Термодинамика растворов и фазовых равновесий	Термодинамическая классификация растворов. Идеальные растворы. Предельно разбавленные, атермальные, регулярные растворы. Химический потенциал. Уравнение Гиббса-Дюгема. Законы Рауля и Генри. Активность. Коэффициент активности. Равновесие жидкость-пар. Законы Гиббса-Коновалова. Перегонка. Коллигативные свойства растворов. Криоскопия. Эбулиоскопия. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа. Законы растворимости. Уравнение Шредера. Закон Нернста. Экстракция. Основные понятия термодинамики фазовых равновесий. Составляющая и компонент. Фаза. Уравнение состояния фазы. Условие фазового равновесия. Вывод правила фаз Гиббса и вариантность системы. Графическое описание фазовых равновесий. Диаграмма состояния. Гетерогенные равновесия в однокомпонентных системах. Фазовые переходы первого и второго рода. Энергия Гиббса при фазовых превращениях в однокомпонентных системах. Термодинамический вывод диаграммы состояния однокомпонентной системы с помощью кривых изобарно-изотермического потенциала. Термодинамика фазовых переходов индивидуальных веществ. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора. Полиморфные превращения в однокомпонентной системе. Гетерогенные равновесия в двухкомпонентных системах. Условия фазового равновесия. Термодинамический вывод основных типов диаграмм состояния двухкомпонентных систем с помощью кривых изобарно-изотермического потенциала. Двухфазное равновесие: двухкомпонентные системы с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Критическая температура растворимости. Двухкомпонентные системы с эвтектикой. Гетерогенные равновесия в трехкомпонентных системах. Графическое представление состава тройных систем.
1.4	Химическое равновесие	Условия химического равновесия. Химическое сродство. Закон действующих масс. Константа равновесия. Изотерма химической реакции Вант-Гоффа. Энергии Гельмгольца и Гиббса химических реакций, их связь с константой равновесия. Равновесный выход продуктов химической реакции. Влияние давления на положение равновесия. Зависимость константы равновесия химической реакции от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа. Третий закон термодинамики. Расчет константы равновесия реакции при заданной температуре. Метод Шварцмана-Темкина.
1.5	Основы химической кинетики и катализа	Принципы химической кинетики. Феноменологическая кинетика. Скорость, порядок и молекулярность химической реакции. Кинетический закон действующих масс. Лимитирующая стадия. Кинетика

		<p>простых и сложных химических реакций. Кинетические уравнения простых реакций нулевого, первого и второго порядка. Понятие о константе скорости. Способы ее расчета и экспериментального определения. Период полупревращения. Методы определения порядка реакции. Принцип квазистационарности Боденштейна-Семенова. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Поверхность потенциальной энергии. Теория переходного состояния. Энтропия и энтальпия активации. Теория активных соударений. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Реакции в растворах. Катализ. Общие принципы катализа. Гомогенный катализ. Кислотно-основный и ферментативный катализ. Уравнение Бренстеда. Автокаталитические реакции. Гетерогенный катализ. Активность и селективность катализаторов. Энергия активации каталитических реакций. Теория мультиплетов Баландина. Теория активных ансамблей Кобозева.</p>
1.6	<p>Равновесные процессы в растворах электролитов. Ионные реакции.</p>	<p>Химический и электрохимический способы осуществления окислительно-восстановительных реакций. Роль теоретической электрохимии в решении прикладных задач. Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации. Ион-ионные, ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия. Классификация электролитов. Сольватация (гидратация) ионов. Реальная и химическая энергия, энтальпия и энтропия сольватации ионов. Теория Борна. Методы Бернала-Фаулера, Мищенко и Измайлова экспериментального определения теплоты ионной сольватации. Особенности гидратации протона. Термодинамическое описание ион-ионных взаимодействий. Термодинамическая теория активности и её применение к электролитам. Особенности выбора стандартного состояния в растворах электролитов. Ионные активности и коэффициенты активности. Средняя активность и коэффициент активности. Ионная сила раствора электролита. Теория Дебая-Хюккеля. Ионные ассоциаты. Полиэлектролиты. Современные представления о растворах электролитов. Классификация ионных реакций. Протолитическое и автопротолитическое равновесия. Водородный показатель. Буферные свойства растворов. Сольволиз (гидролиз). Ионные реакции ступенчатого комплексообразования и ступенчатой диссоциации. Окислительно-восстановительные реакции. Особенности ионных реакций в присутствии твердой фазы. Гидратообразование. Произведение растворимости.</p>
1.7	<p>Ионный транспорт в растворах электролитов. Элементы теории миграции, диффузии и конвекции.</p>	<p>Основные механизмы ионного транспорта. Потоки диффузии, миграции и конвекции. Соотношение Нернста-Эйнштейна. Удельная, молярная и эквивалентная электропроводность. Влияние концентрации и температуры на электропроводность раствора электролита в водных неводных средах. Правило Кольрауша. Кондуктометрия. Физические основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера. Электрофоретическое и релаксационное торможение. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Эффект Фарадея в растворах слабых электролитов. Зависимость подвижности ионов от их природы, типа растворителя, температуры и концентрации раствора. Правило Вальдена-Писаржевского. Стоксовский радиус. Электропроводность растворов кислот и щелочей. Электропроводность неводных растворов, расплавов и твердых электролитов. Суперионики. Числа переноса ионов. Методы их определения. Элементы теории молекулярной диффузии. Диффузионный потенциал в растворе. Роль ион-ионных взаимодействий в диффузионном переносе. Комбинированный диффузионно-миграционный транспорт. Эффект фонового электролита.</p>
1.8	<p>Границы раздела заряженных фаз. Двойной электрический слой. Электрокапиллярные явления.</p>	<p>Классификация межфазных границ. Электрохимический потенциал. Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз. Двойной электрический слой (ДЭС). Строение ДЭС. Элементы теории Гуи-Чапмена-Грема. Методы изучения структуры и свойств ДЭС. Основное уравнение электрокапиллярности. Емкость ДЭС.</p>
1.9	<p>Термодинамика равновесных</p>	<p>Основные элементы электрохимической цепи. Гальванический эле-</p>

	<p>электродных систем. Электрохимические цепи.</p>	<p>мент и электролизер. Правило записи равновесной гальванической цепи. Закон Вольта. Поверхностный, внешний, внутренний потенциалы. Причины возникновения внутренней контактной разности потенциалов (осмотическая теория Нернста, гидратационная теория Писаржевского-Изларышева, кинетическая теория Герни). Напряжение гальванической цепи. Реальный потенциал. Работа выхода. Физическая природа вольта- и гальвани-потенциала. Концепция электронного межфазного равновесия. Электродный потенциал. Связь напряжения цепи с потенциалами отдельных электродов. Система знаков электродных потенциалов и напряжений цепей, рекомендации ИЮПАК. Проблема Вольта и подход Фрумкина к ее решению. Потенциал нулевого заряда. Проблема абсолютного электродного потенциала. Связь между напряжением электрохимической цепи и свободной энергией Гиббса. Основное уравнение электрохимической термодинамики. Уравнения Нернста и Гиббса-Гельмгольца для напряжения цепи. Влияние температуры и давления на напряжение цепи и равновесный электродный потенциал.</p> <p>Классификация электродных равновесных систем. Электрод I рода. Уравнение Нернста. Стандартный электродный потенциал и его использование в качестве меры окислительно-восстановительной способности. Ряд напряжений. Электрод I рода в растворе с комплексными ионами металла. Электродный потенциал двухкомпонентного гомогенного сплава. Металлический и амальгамный электроды. Газовые электроды. Потенциал водородного электрода в кислой и щелочной среде. Кислородный электрод. Потенциал кислородного электрода в кислой и щелочной среде. Диаграмма E-pH для воды. Хлорный и бромный электроды. Электроды II рода. Хлор-серебряный, ртутнохлоридный, ртутносulfатный, ртутноокисный электроды. Окислительно-восстановительные электроды. Правило Лютера. Хингидронный электрод. Ионообменные мембраны. Биомембраны. Равновесие Доннана. Мембранный потенциал. Основы теории стеклянного электрода. Потенциал стеклянного электрода в кислой и щелочной среде. pH-метрия со стеклянным электродом. Ионселективные электроды с твердой и жидкой мембраной. Диффузионный потенциал на границе растворов с одинаковым растворителем. Расчет диффузионного потенциала. Формула Гендерсона. Методы элиминирования диффузионного потенциала. Солевой мост. Межфазный жидкостный потенциал на границе растворов с разным растворителем. Классификация электрохимических (гальванических) цепей. Физические цепи. Концентрационные цепи I и II рода без переноса. Сдвоенные концентрационные и химические цепи. простые и сложные химические цепи. Потенциометрия и ее роль в физико-химических исследованиях. Химические источники тока.</p>
1.10	<p>Кинетика электродных процессов. Природа перенапряжения. Основные электрохимические реакции. Основы теории коррозии и защиты металлов.</p>	<p>Плотность тока как мера скорости электродной реакции. Поляризация электрода (Ленц, Савельев). Перенапряжения. Природа перенапряжения. Перенапряжение стадий перехода заряда, химической реакции, диффузии и кристаллизации. Энергия активации электродной реакции в условиях замедленного перехода заряда. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова-Фрумкина. Коэффициент переноса заряда, ток обмена, гетерогенная константа скорости. Вольтамперные характеристики наружных электродных реакций. Уравнение Батлера-Фольмера. Его асимптота при низких и высоких перенапряжениях. Влияние структуры ДЭС на кинетику стадии разряда-ионизации. Кажущийся ток обмена. Перенапряжение химической реакции. Гомогенный и гетерогенный химические процессы в электродной кинетике. катодное выделение водорода. Основные маршруты реакции выделения водорода (Фольмер, Гейровский, Тафель). Влияние природы металла на перенапряжение процесса выделения водорода. Безбарьерный и безактивационный разряд иона гидроксония. Перенапряжение диффузии. Теория диффузионного перенапряжения. Предельный диффузионный ток. Зависимость тока от потенциала при стационарной диффузии к плоскому электроду. I и II законы Фика. Конвективная диффузия к вращающемуся</p>

		<p>дисковому электроду. Уравнение Левича для предельного диффузионного тока. Полярография. Восстановление молекулярного кислорода. Режим смешанной диффузионно-электрохимической кинетики. Способы выделения кинетического тока. Перенапряжение кристаллизации. Общие представления о термодинамике зародышеобразования. Особенности гетерогенной 2D- и 3D-нуклеации. Электрохимический и диффузионный режимы нуклеации. Электроосаждение металлов и сплавов. Анодное фазообразование. Основы теории электрохимической коррозии металлов. Сопряженные анодно-катодные процессы в коррозии. Термодинамика процесса коррозии. Кинетика коррозии, диаграмма Эванса. Расчет тока и потенциала саморастворения из поляризационных кривых. Пассивность. Основные виды коррозионных поражений (язва, питтинг, коррозионное растрескивание). Ингибиторная защита. Анодная и катодная защита.</p>
2. Практические занятия		
не предусмотрены учебным планом		
3. Лабораторные работы		
3.1	Первый закон термодинамики. Термохимия.	<p>Определение теплоты диссоциации слабой кислоты Определение теплоты гидратации гидратации соли Определение теплоты окисления щавелевой кислоты Определение теплоты образования твердого раствора Определение теплоемкости жидких и твердых веществ</p>
3.2	Второй закон термодинамики. Энтропия и термодинамические потенциалы химических реакций	Измерение температурного коэффициента ЭДС
3.3	Термодинамика растворов и фазовых равновесий	<p>Криоскопия. Определение молярной массы вещества Криоскопия. Определение степени электролитической диссоциации Определение коэффициента распределения иода между органическим и неорганическим растворителями Двухкомпонентные системы с ограниченной растворимостью в жидком состоянии (система фенол-вода) Трехкомпонентные системы с ограниченной растворимостью в жидком состоянии</p>
3.4	Химическое равновесие	Химическое равновесие в системе иодид калия – хлорид железа (III)
3.5	Основы химической кинетики и катализа	<p>Гомогенно-каталитическое окисление иодида калия персульфатом аммония Каталитическое разложение пероксида водорода Кинетика гидролиза уксусного ангидрида Кинетика растворения сульфата кальция в воде Кинетика омыления этилацетата</p>
3.6	Равновесные процессы в растворах электролитов. Ионные реакции.	<p>Определение ионного произведения воды Нахождение констант образований одноядерных комплексов металлов Определение концентрационной константы диссоциации слабой кислоты Определение концентрационной константы гидролиза соли Определение произведения растворимости труднорастворимой соли серебра Определение произведения растворимости труднорастворимого гидроксида</p>
3.7	Ионный транспорт в растворах электролитов. Элементы теории миграции, диффузии и конвекции.	<p>Измерение собственной электрической проводимости воды или водно-органического растворителя Определение предельной молярной электропроводности сильного электролита Проверка закона разбавления Оствальда Определение константы диссоциации уксусной кислоты в разных растворителях Кондуктометрическое титрование Определение чисел переноса ионов методом движущейся границы Определение чисел переноса ионов методом Гитторфа</p>
3.8	Границы раздела заряженных фаз. Двойной электри-	Измерение емкости ДЭС на твердом электроде при помощи моста переменного тока

	ческий слой. Электрокапиллярные явления.	Получение гальваностатической кривой заряжения Pt(Pt)-электрода в серной кислоте Исследование адсорбции атомарного водорода на платинированной платине методом циклической линейной вольтамперометрии
3.9	Термодинамика равновесных электродных систем. Электрохимические цепи.	Реализация электрода I рода и определение стандартного потенциала Реализация электрода II рода и определение его стандартного потенциала Реализация окислительно-восстановительного электрода и определение его стандартного потенциала Газовый водородный электрод Ионоселективный стеклянный электрод Определение pH водного раствора потенциометрическим методом Потенциометрическое титрование
3.10	Кинетика электродных процессов. Природа перенапряжения. Основные электрохимические реакции. Основы теории коррозии и защиты металлов.	Электролиз водных растворов электролитов Изучение закономерностей анодного растворения меди в хлоридных электролитах Изучение кинетики восстановления кислорода на стационарном медном электроде в кислых хлоридных или сульфатных растворах Изучение кинетики восстановления кислорода на вращающемся дисковом электроде Исследование влияния ингибиторов на кинетику анодных и катодных процессов на железе в кислой среде Исследование работы коррозионного элемента

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Первый закон термодинамики. Термохимия.	12	-	20	32	64
2	Второй закон термодинамики. Энтропия и термодинамические потенциалы химических реакций	12	-	10	32	54
3	Термодинамика растворов и фазовых равновесий	12	-	20	32	64
4	Химическое равновесие	8	-	20	24	52
5	Основы химической кинетики и катализа	10	-	20	24	54
6	Равновесные процессы в растворах электролитов. Ионные реакции.	14	-	20	34	64
7	Ионный транспорт в растворах электролитов. Элементы теории миграции, диффузии и конвекции.	8	-	20	26	54
8	Границы раздела заряженных фаз. Двойной электрический слой. Электрокапиллярные явления.	4	-	8	26	64
9	Термодинамика равновесных электродных систем. Электрохимические цепи.	14		20	36	52
10	Кинетика электродных процессов. Природа перенапряжения. Основные электрохимические реакции. Основы теории коррозии и защиты металлов.	10		16	32	54
	Итого:	104	0	174	298	576

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами лекций, презентационным материалом, литературой, указанной в п.15, решение практических задач, выполнение заданий текущей аттестации, лабораторных работ, составление отчетов. Подготовка к промежуточной аттестации.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Еремин В.В. Основы общей и физической химии : учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений, обуч. по направлению «Химия» / В.В. Еремин, А.Я. Борщевский. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – 847с.
2	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. — Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. — 670 с.
3	Фазовые равновесия в многокомпонентных системах : учебное пособие / Г.В. Булидорова [и др.] .— Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. — 93 с. — ISBN 978-5-7882-1550-1. — <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=427849&sr=1>.
4	Варенцов, В.К. Электрохимические системы и процессы / В.К. Варенцов ; Рогожников Н. А. ; Уваров Н. Ф. — Новосибирск : НГТУ, 2011. — 102 с. — <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228776>.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики : учебное пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Е.Н. Еремин. — М. : Высшая школа, 1974. — 340 с.
6	Полторак О.М. Термодинамика в физической химии : учебник для хим. и хим.-технол. спец. вузов / О.М. Полторак. — М. : Высш. шк., 1991. — 318 с.
7	Стромберг А.Г. Физическая химия : Учебник для химических специальностей вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. : под ред. А.Г. Стромберга. — 7-е изд., испр. — М. : Высш. шк., 2009. — 527 с.
8	Физическая химия : в 2 кн. / К. С. Краснов [и др.]. - Кн. 1: Строение вещества. Термодинамика. — 3-е изд., испр. — 2001. — 511 с.
9	Физическая химия : В 2 кн. / К. С. Краснов [и др.]. - Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. — 3-е изд., испр. — 2001. — 318 с.
10	Эткинс П. Физическая химия : в 3-х частях / П.Эткинс, Дж. Де Паула. — Часть 1. Равновесная термодинамика. — М. : Мир, 2007. — 494с.
11	Бажин Н.М. Термодинамика для химиков : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности «Химия» / Н.М. Бажин, В.А. Иванченко, В.Н. Пармон. — 2-е перераб. И доп. — М. : Химия : КолосС, 2004. — 415с.
12	Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа : учеб. пособие для студ. хим. фак. ун-тов, обуч. по спец. 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / В.М. Байрамов. — М. : Academia, 2003. — 251 с.
13	Романовский Б.В. Основы химической кинетики / Б.В. Романовский. — М. : Экзамен, 2006. — 415с.
14	Еремин Е.Н. Основы химической кинетики : учебное пособие для студ. хим. фак. ун-тов / Е.Н. Еремин. — 2-е изд., доп. — М. : Высшая школа, 1976. — 373 с. : ил., табл.
15	Дамаскин Б.Б. Основы теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. химич. спец. вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. — М. : Высшая школа, 1978. — 238 с.
16	Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику : учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. — М. : Высшая школа, 1983. — 399 с.
17	Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. — М. : Химия, 1988. — 399 с.
18	Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина. — Л. : Химия, 1981. — 422 с.
19	Измайлов Н.А. Электрохимия растворов / Н.А. Измайлов. — 3-е изд., исправ. — М. : Химия, 1976. — 488с.
20	Никольский Б.П. Ионоселективные электроды / Б.П. Никольский, Е.А. Матерова. — Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1980. — 239 с.
21	Практикум по физической химии. Термодинамика : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению «Химия» и специальности «Химия» / Е.П.Агеев [и др.] : под ред. Е.П.Агеева, В.В. Лунина. — М. : Academia, 2010.- 218с.
22	Практические работы по физической химии : учеб. пособие / Ю. П. Акулова [и др.] ; Под ред.

	К.П. Мищенко и др. — 5-е изд., перераб. — СПб. : Профессия, 2002. — 384 с.
23	Шаталов А.Я. Практикум по физической химии : учеб. пособие для студ. химич. и химико-технол. спец. вузов / А.Я. Шаталов, И.К. Маршаков. — М. : Высшая школа, 1975. — 284 с.
24	Практикум по электрохимии : учеб. пособие для химич. спец. вузов / Б.Б. Дамаскин [и др.]. — М. : Высш.шк., 1991. — 287 с.
25	Потенциометрия. Ч.4: Практикум по специальности 011000- Химия / сост.: А.В. Введенский [и др.]. — 2003. — 79 с. (№ 720).
26	Еремин В.В. Задачник по физической химии / В.В. Еремин [и др.] — М. : Экзамен, 2003. — 318 с.
27	Лабовиц, Л. Задачи по физической химии с решениями / под ред. Ю. В. Филиппова. — М. : Мир, 1972. — 442 с.
28	Физическая химия в вопросах и ответах: Кинетика. Электрохимия : учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Е.М. Кузнецова [и др.]. — М. : Изд-во МГУ, 1981. — 264 с.
29	Сборник задач по теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Технология электрохимических производств" / под ред. Ф.И. Кукоза. — М. : Высшая школа, 1982. — 159 с.
30	Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя, А.И. Пономаревой. — М. : Вербум-М, 2008. — 230 с.
31	Добош Д. Электрохимические константы : справ. для электрохимиков / Д. Добош. — М. : Мир, 1980. — 364 с.
32	Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина. — Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1981. — 486 с.

в) **информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):**

33	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
----	--

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Физическая химия : Рабочая программа курса для студ. хим. фак. по специальности "Химия" / Воронеж. гос. ун-т. каф. физ. химии; Сост.: А. В. Введенский [и др.] — Воронеж : Б.и., 2002. — 16 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/feb03019.pdf >.
2	Практикум по физической химии : для студ. хим. фак. всех форм обучения / И.К. Маршаков [и др.]. Ч. 1: Химическая термодинамика. — 2002. — 88 с. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/feb03023.pdf >.
3	Кинетика химических и электрохимических процессов. Электропроводность : практикум по спец. 011000- Химия / Сост.: А.В. Введенский [и др.] — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2003. - Ч. 2. — 82 с.(№ 648). — URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04053.pdf >.
4	Равновесные электродные системы. Граница раздела заряженных фаз : практикум по спец. 011000- Химия / сост.: А.В. Введенский [и др.]. — Воронеж, 2003-. Ч. 3 / Сост.: А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, И.В. Протасова, Н.В. Соцкая. — 79 с. : (№ 719) — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04059.pdf >.
5	Сборник примеров и задач по физической химии : для студ. химич. фак. всех форм обучения / сост.: Кравченко Т. А., Введенский А.В., Козадеров О. А. - Ч.1: Химическая термодинамика. — 2002. — 63 с. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/feb03021.pdf >.
6	Сборник примеров и задач по физической химии : для студ. химич. фак. всех форм обучения / сост.: Введенский А.В., Кравченко Т.А., Козадеров О. А. - Ч.2: Химическая термодинамика. — 2002. — 67 с. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/feb03022.pdf >.
7	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 1: Равновесные процессы в растворах электролитов. — 39 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-03.pdf >.
8	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский, С.А. Калужина, Т.А. Кравченко [и др.] . — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 2: Ионный транспорт. Кулонометрия. — 60 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-04.pdf >.
9	Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 3: Равновесные электродные системы. — 66 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Установки для измерения тепловых эффектов, определения электропроводности; криоскопы, термостаты, учебный комплекс «Химия»; иономеры, потенциостаты, электроды, электрохимические ячейки, мультимедийное оборудование.

19. Фонд оценочных средств:

Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-1	Знать: основы физической химии и электрохимии	1.1-1.10	Комплект тестов № 1 Комплект тестов № 2
	Уметь: применять теоретические основы термодинамики и кинетики при решении профессиональных задач	3.1-3.10	Комплект тестов № 1 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2
	Иметь навыки: использования теоретических основ физической химии при решении экспериментальных задач	3.1-3.10	Курсовая работа
ОПК-2	Знать: теоретические основы экспериментальных физико-химических и электрохимических методов	1.1-1.10	Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2
	Уметь: использовать теоретические основы физической химии и электрохимии при решении практических задач	3.1-3.10	Курсовая работа
	Владеть: основными экспериментальными методами физической химии и электрохимии	3.1-3.10	Курсовая работа
ОПК-6	Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории	3.1-3.10	Курсовая работа
	Уметь: применять средства индивидуальной защиты	3.1-3.10	Курсовая работа
	Владеть: базовыми приемами предупреждения и ликвидации последствий аварийных ситуаций	3.1-3.10	Курсовая работа
ПК-1	Знать: теоретические основы базовых методик физико-химического анализа	1.1-1.10	Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2
	Уметь: реализовать на практике основные методики физико-химического анализа	3.1-3.10	Курсовая работа
	Владеть: базовыми методиками химической и электрохимической термодинамики и кинетики	3.1-3.10	Курсовая работа
Промежуточная аттестация 1 (Экзамен) Промежуточная аттестация 2 (Экзамен)			Комплект КИМ № 1 Комплект КИМ № 2

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Зачет

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами физической химии и электрохимии, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами или данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области химической термодинамики и химической кинетики</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ физической химии и электрохимии, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области химической термодинамики и химической кинетики</i>	–	<i>Не зачтено</i>

Экзамен

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами физической химии и электрохимии, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и кинетики</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично (Зачтено)</i>
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами физической химии и электрохимии, способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и кинетики</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо (Зачтено)</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами физической химии и электрохимии, не способен иллюстрировать ответ примерами, фрагментарно умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и кинетики</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно (Зачтено)</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ физической химии и электрохимии, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и кинетики</i>	–	<i>Неудовлетворительно (Не зачтено)</i>

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

Комплект КИМ № 1

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Коэффициент сжимаемости. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внешние и внутренние параметры.
2. Кинетическое уравнение для простых химических реакций нулевого порядка. Математическое выражение и графическое представление. Константа скорости. Период полупревращения.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Постулат о существовании внутренней энергии. Энтальпия. Первое начало термодинамики. Теплота и работа в различных равновесных процессах (изохорический, изобарический, изотермический, адиабатический).
2. Закон действующих масс. Константа равновесия. Различные способы ее выражения для гомогенных и гетерогенных реакций.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Термодинамический процесс. Самопроизвольные и несамопроизвольные, равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Работа и теплота обратимого и необратимого процессов.
2. Третье начало термодинамики. Постоянная интегрирования в уравнении изобары. Расчет константы равновесия химической реакции при заданной температуре. Метод приведенных потенциалов.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Калорические коэффициенты. Теплоемкость. Различные способы выражения теплоемкости.
2. Молекулярная кинетика. Теория активных соударений. Энтропия и энтальпия активации.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Влияние температуры на тепловой эффект химической реакции. Приближенное и точное решение уравнения Кирхгофа. Степенные ряды теплоемкости.
2. Кинетическое уравнение для простых химических реакций второго порядка. Математическое выражение и графическое представление. Константа скорости. Период полупревращения.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Термодинамические системы: определение, классификация. Термодинамические параметры состояния системы. Уравнение состояния. Принцип соответственных состояний. Постулат о термодинамическом равновесии. Нулевой закон термодинамики.
2. Влияние температуры на константу равновесия химической реакции и равновесный выход продуктов. Уравнения изохоры и изобары Вант Гоффа.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Термохимия. Стандартные состояния. Калориметрия. Истинный и средний тепловой эффект химической реакции.
2. Методы определения порядка химической реакции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Функции состояния и функции процесса. Закон Гесса и следствия из него. Стандартная теплота образования и сгорания веществ. Расчет энергии Гиббса химической реакции.
2. Химическое сродство. Химическое равновесие. Условия химического равновесия. Связь химического сродства с константой равновесия химической реакции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Постулат о существовании энтропии. Уравнение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Принцип возрастания энтропии.
2. Влияние давления на константу равновесия и равновесный выход продуктов химической реакции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Термодинамические потенциалы идеального и реального газа. Летучесть. Коэффициент летучести. Критическое состояние.
2. Изотерма химической реакции Вант-Гоффа. Энергии Гельмгольца и Гиббса химической реакции. Стандартные энергии Гельмгольца и Гиббса и их связь с константой равновесия.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Термодинамика фазовых превращений индивидуальных веществ. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Приближенное и точное решение. Истинная химическая постоянная.
2. Кинетическое уравнение для простых химических реакций первого порядка. Математическое выражение и графическое представление. Константа скорости. Период полупревращения.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Термодинамика растворов. Идеальные и реальные растворы. Парциальные молярные величины. Уравнение Гиббса-Дюгема. Его роль в термодинамике растворов.
2. Химическая кинетика. Скорость, молекулярность и порядок химических реакций. Принципы химической кинетики. Лимитирующая стадия

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Химический потенциал. Связь химического потенциала с концентрацией вещества в растворе. Стандартный химический потенциал. Условие химического равновесия и самопроизвольности процессов.
2. Кинетический подход к описанию параллельных и обратимых химических реакций.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Термодинамика жидких растворов. Зависимость давления насыщенного пара от состава жидкого раствора. Законы Рауля и Генри. Термодинамическая активность вещества. Коэффициенты активности. Методы определения активности.
2. Кинетика последовательных химических реакций. Метод квазистационарных концентраций Боденштейна – Семенова.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 15

1. Равновесие жидкость-пар. Законы Гиббса-Коновалова. Разделение бинарных жидких смесей методом простой перегонки и ректификации. Перегонка с водяным паром.
2. Кинетика сопряженных химических реакций. Химическое сродство и скорость сопряженных химических реакций.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 16

1. Коллигативные свойства растворов. Криоскопия. Эбулиоскопия. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа.
2. Теории химической кинетики и катализа. Кислотно-основный и ферментативный катализ. Уравнение Бренстеда. Автокаталитические реакции. Гетерогенный катализ.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 17

1. Растворимость веществ в жидкости. Термодинамика растворения газа в жидкости. Термодинамика растворения твердых тел в жидкости. Уравнение Шредера.
2. Теория бинарных столкновений в химической кинетике. Вероятностный (стерический) фактор.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 18

1. Растворимость веществ в жидкости. Распределение третьего вещества между двумя несмешиваемыми жидкостями. Уравнение Нернста. Коэффициент распределения и термодинамическая константа распределения. Экстракция.
2. Теория активированного комплекса (переходного состояния) в химической кинетике. Энтропия и энтальпия активации.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 19

1. Термодинамические потенциалы. Критерии самопроизвольного протекания процессов и равновесия в закрытых системах. Соотношения Максвелла.
2. Кинетика гетерогенных химических реакций с учетом стадии диффузии вещества. Энергия активации диффузии и химической реакции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 20

1. Обобщенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Фундаментальные уравнения Гиббса. Преобразование Лежандра. Характеристические функции.
2. Катализ. Каталитическая активность, селективность и избирательность катализатора. Связь скорости каталитической химической реакции с концентрацией катализатора. Автокаталитические реакции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 21

1. Статистическое толкование второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Расчет изменения энтропии в различных процессах. Абсолютная энтропия вещества. Постулат Планка.
2. Энергия активации гомогенного и гетерогенного катализа. Стадии адсорбции и десорбции.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 22

1. Направление самопроизвольных процессов. Постулат Томсона. Некомпенсированная теплота Клаузиуса. Принцип адиабатной недостижимости Каратеодори.
2. Энергия активации химической реакции. Диаграмма потенциальной энергии. Уравнение Аррениуса.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 23

1. Термодинамика фазовых равновесий в многокомпонентных системах. Условие фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Его термодинамический вывод.
2. Механизм химических реакций. Стадия активации. Вероятностный и энтропийный факторы. Трансмиссионный коэффициент.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 24

1. Термодинамика фазовых равновесий. Энергия Гиббса при фазовых превращениях. Основы геометрической термодинамики. Диаграммы состояния. Термодинамический вывод и трактовка.
2. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 25

1. Энтропия химической реакции. Энергия Гиббса химической реакции. Влияние температуры на термодинамические потенциалы. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Расчет энтропии и энергии Гиббса химической реакции.
2. Общие принципы катализа. Энергия активации каталитических реакций. Гетерогенный катализ. Теория мультиплетов Баландина. Теория активных ансамблей Кобозева.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

Комплект КИМ № 2

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Электрохимическая система. Проводники I и II рода.
2. Условия возникновения электрохимической коррозии. Коррозия с кислородной и водородной деполяризацией.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Устойчивость ионофоров к диссоциации. Формулы Борна для ΔG^0 , ΔH^0 и ΔS^0 процесса деструкции ионного кристалла. Определение ΔH^0 процесса ионной деструкции методом термодинамических циклов.
2. Пассивация металла. Способы защиты от коррозии: ингибирование среды, легирование металла, внешняя поляризация.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Основы теории Аррениуса электролитической диссоциации. Закон разбавления Оствальда.
2. Условия возникновения электрохимической коррозии. Коррозия с кислородной и водородной деполаризацией. Напряжение разложения соединений при электролизе.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал №4

1. Принципы классификации электролитов. Физико-химический механизм электролитической диссоциации. Качественный подход.
2. Катодная реакция выделения водорода. Стадии Фольмера, Гейровского и Тафеля. Электрокаталитическая роль металла.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Энергия межчастичных взаимодействий в растворе электролита: ион-ионных,; ион-дипольных; диполь-дипольных. Модель диссоциации ионофоров и ионогенов Каблукова-Кистяковского.
2. Смешанная диффузионно-электрохимическая кинетика. Метод Фрумкина-Тедорадзе выделения кинетического тока.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Экспериментальное определение теплот гидратации соединений. Метод циклов .Расчет энергий и теплот гидратации ионов. Концептуальный подход. Формула Борна для ΔG^0 , ΔH^0 и ΔS^0 процесса гидратации.
2. Основы теории диффузионного перенапряжения. Катодная реакция. Анодная реакция.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Параметры гидратации ионов. Подходы Бернала-Фаулера, Мищенко и Измайлова. Причины несоответствия экспериментов с теорией Борна. Реальные и химические теплоты гидратации.
2. Уравнение Батлера-Фольмера полной поляризационной кривой. Асимптоты для больших и малых перенапряжений. Уравнение Тафеля.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал №8

1. Энтропия гидратации. Число гидратации, его отличие от координационного числа гидратации. Особенности гидратации H^+ . Ион лития.
2. Поляризация, перенапряжение. Основы теории перенапряжения перехода заряда. Коэффициент переноса, ток обмена. Уравнения Фольмера-Эрдей-Груза.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Электростатический потенциал фазы. Электрохимический потенциал компонента раствора электролита. Условия химического равновесия в растворе электролита.
2. Потенциометрическое определение константы гидролиза катиона металла.
Потенциометрическое определение коэффициента активности.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Правило Льюиса-Рендалла. Правило Бренстеда. Межионные взаимодействия и коэффициент активности.
2. Потенциометрическое определение ионного произведения воды.
Потенциометрическое определение константы диссоциации слабой кислоты.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Активность ионов, коэффициент активности: молярные, моляльные, рациональные характеристики. Связь средне-ионных активностей и коэффициентов активности с соответствующими параметрами ионов. Особенности выбора стандартного состояния раствора электролита.
2. Потенциометрия: общие принципы. Потенциометрическое титрование.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Модель ионной атмосферы Дебая-Хюккеля. Первое приближение теории Дебая-Хюккеля. Дебаевский радиус экранирования.
2. Простые и сложные химические цепи.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Концентрационная зависимость средне-ионного коэффициента активности: экспериментальные данные.
2. Концентрационные цепи первого рода без переноса.
Концентрационные цепи второго рода без переноса и с переносом.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Второе и третье приближение теории Дебая-Хюккеля.
2. Физические цепи: гравитационные, аллотропные, кристаллографические.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 15

1. Возможность оценки коэффициента активности отдельных ионов сильных электролитов. Эффект ассоциации ионов и его влияние на коэффициент активности.
2. Межфазный потенциал на границе растворов. Жидкостный потенциал; диффузионный потенциал.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 16

1. Гомогенные ионные равновесия в растворах электролитов. Принципы классификации.
2. Ионселективные электроды. Стекланный электрод.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 17

1. Протолитические реакции. Кислота, основание. Автопротолитические реакции. Ионное произведение растворителя. Показатель кислотности.
2. Мембранный электрод. Потенциал Доннана. Мембранный потенциал.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 18

1. Буферное действие. Буферные смеси. Механизм буферирования. Буферная емкость.
2. Хингидронный электрод.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 19

1. Реакции комплексообразования и ступенчатой диссоциации.
2. Окислительно-восстановительные электроды. Правило Лютера.
Отличие систем Cu^{2+} , Cu/Pt и $\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+/\text{Cu}$.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 20

1. Реакции сольволиза (гидролиза).
2. Электроды второго рода.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 21

1. Ионное равновесии с участием твердой фазы. Произведение растворимости.
2. Область потенциалов т/д устойчивости воды. Диаграмма Пурбэ.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 22

1. Основные понятия ионного транспорта. Плотность потока, движущая сила миграции, диффузии и конвекции.
2. Хлорный и бромный газовые электроды.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал №23

1. Влияние концентрации на электропроводность сильных и слабых электролитов: опытные данные. Зависимость молярной электропроводности слабого и сильного электролита от концентрации.
2. Водородный электрод в кислой и щелочной среде.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 24

1. Электропроводность: удельная, молярная, эквивалентная. Правило Кольрауша. Коэффициент электрической проводимости.
2. Кислородный электрод в кислой и щелочной среде.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 25

1. Учет форетического и релаксационного торможения в модели Дебая-Хюккеля-Онзагера.
2. Классификация равновесных электродных систем. Расчет потенциалов электродов первого рода (металлического, металлоидного и амальгамного).

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 26

1. Влияние температуры и природы растворителя на электропроводность раствора. Правило Вальдена-Писаржевского.
2. Основное уравнение электрохимической термодинамики. Токообразующий процесс в гальваническом элементе. Соотношение между теплотой и работой.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 27

1. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена.
2. Условие фазового равновесия на границе раздела с электрохимической реакции. Влияние давления и температуры на напряжение цепи и электродный потенциал.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 28

1. Протолитическая теория электропроводности растворов кислот и оснований.
2. Проблема Вольта. Потенциалы нулевого заряда.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 29

1. Числа переноса ионов. Методы определения чисел переноса. Истинные и кажущиеся числа переноса.
2. Концепция электродного потенциала. Правило знаков.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 30

1. Кондуктометрическое титрование.
2. Напряжение цепи и вольта-скачок на границах фаз. Физический смысл вольта-потенциала. Реальный потенциал. Работа выхода

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 31

1. Особенности диффузии ионов в растворах электролитов. Диффузионный потенциал в растворе. Эффективный коэффициент диффузии. Влияние миграции на закономерности диффузионного переноса.
2. Внешний и поверхностный потенциалы фазы. Внешняя контактная разность потенциалов (вольта-потенциал).

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 32

1. Фазовое равновесие на границе раздела заряженных фаз. Внутренняя контактная разность потенциалов (гальвани-потенциал). Двойной электрический слой: способы создания, отдельные характеристики.
2. Правила записи электрохимических цепей. Напряжение цепей из проводников первого рода. Закон Вольта. Напряжение цепей из проводников первого и второго рода, связь с гальвани-скачками на межфазных границах.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.4 Тестовые задания

Комплект тестов № 1

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Энтальпия химической реакции равна ее теплоте при постоянстве:
а) V, T ;
б) P, T ;
в) иные параметры и их сочетания;
г) никогда не равна.
2. В процессе осмоса через полупроницаемую мембрану проникает:
а) растворенное вещество;
б) растворитель;
в) раствор.
3. С ростом концентрации реагентов равновесный выход продуктов химической реакции:
а) повышается; б) убывает; в) не изменяется.
4. Стандартный химический потенциал компонента определяется:
а) температурой T ;
б) давлением P ;
в) активностью (концентрацией);
г) сочетанием этих параметров.
5. Константа равновесия химической реакции изменяется с ростом температуры:
а) повышается;
б) убывает;
в) не изменяется;
г) ответ зависит от знака теплового эффекта.
6. С ростом концентрации реагентов равновесный выход продуктов химической реакции:
а) повышается; б) убывает; в) не изменяется.
7. Отношение C_p/C_v всегда:
а) больше единицы;
б) меньше единицы;
в) равно единице.
8. В процессе гидратации иона значение ΔS_h^0 :
а) растет; б) падает; в) не изменяется.
9. Энергия Гиббса в ходе самопроизвольной химической реакции (при $P; T = \text{Const}$):
а) повышается; б) убывает; в) не изменяется.
10. Энергия активации химической реакции с ростом температуры:
а) всегда повышается;
б) всегда убывает;
в) не изменяется;
г) может меняться более сложным образом.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Тепловой эффект химической реакции с ростом температуры:
 - а) всегда повышается;
 - б) всегда убывает;
 - в) не изменяется;
 - г) может как повышаться, так и убывать.
2. О возможности протекания химической реакции в закрытой системе при $P; T = \text{Const}$ следует судить по знаку изменения:
 - а) энтропии;
 - б) энтальпии;
 - в) энергии Гиббса.
3. Как энергия Гиббса химической реакции изменяется с ростом активности (концентрации) исходных веществ:
 - а) повышается;
 - б) убывает;
 - в) не изменяется
4. Как изменяется химический потенциал компонента в процессе самопроизвольного перехода из одной фазы в другую в гетерогенной системе:
 - а) повышается;
 - б) убывает;
 - в) не изменяется.
5. С увеличением давления равновесный выход продуктов химической реакции:
 - а) повышается;
 - б) снижается;
 - в) не меняется;
 - г) меняется более сложным образом.
6. Для самопроизвольного течения химической реакции необходимо, чтобы произведение химического сродства A и скорости реакции V было:
 - а) равно нулю;
 - б) больше нуля;
 - в) меньше нуля.
7. Скорость химической реакции при увеличении ее энергии активации:
 - а) повышается;
 - б) убывает;
 - в) не изменяется.
8. Степень электролитической диссоциации слабого электролита с ростом концентрации:
 - а) падает;
 - б) увеличивается;
 - в) не меняется.
9. Для какой-то соли энергия разрушения кристаллической решетки больше, чем суммарная теплота сольватации катиона и аниона (по модулю). Процесс растворения соли:
 - а) экзотермичен;
 - б) эндотермичен;
 - в) тепловой эффект отсутствует.
10. Какой из параметров более резко влияет на стандартную молярную энтальпию сольватации ΔH_S^0 :
 - а) заряд иона ;
 - б) кристаллохимический радиус иона;
 - в) диэлектрическая проницаемость растворителя.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

Комплект тестов № 2

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., проф. _____ А.В. Введенский
31.08.2017

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Какое из утверждений неверно:
а) внутренний потенциал фазы суммируется из внешнего и поверхностного;
б) внешний потенциал фазы суммируется из внутреннего и Гальвани-потенциала на границе фаз;
в) Гальвани-потенциал на границе фаз суммируется из Вольта-потенциала и скачка двух поверхностных потенциалов.
2. Какая из ячеек для определения чисел переноса ионов методом Гитторфа обязательно требует определения пропущенного электрического заряда:
а) с Cu-анодом и Pt-катодом;
б) с Pt-анодом и Pt-катодом;
в) обе;
г) ни одна не требует.
3. В сольватной оболочке какого из двух ионов с $z_1=z_2$ содержится большее число молекул растворителя:
а) у иона с большим кристаллохимическим радиусом;
б) у иона с меньшим кристаллохимическим радиусом;
в) не зависит от размера иона.
4. Какое из утверждений верно:
а) двойной электрический слой возникает из-за появления Гальвани-потенциала на границе фаз;
б) Гальвани-потенциал возникает в ходе пространственного разделения электрических зарядов на границе фаз;
в) оба верны.
5. Процесс электролитической диссоциации соли описывается уравнением: $KA=v_+K^{z_+}+v_-A^{z_-}$ Какая термодинамическая активность может быть оценена экспериментально:
а) соли (a_3); б) средне-ионная (a_{\pm}); в) катиона (a_+) или аниона (a_-).
6. Какая из систем представляет равновесный окислительно-восстановительный электрод:
а) $Cu | Cu^+, Cu^{2+}$; б) $Pt | Cu^+, Cu^{2+}$; в) $Pt | Ag^+, Cu^{2+}$.
7. В теории Дебая-Хюккеля средне-ионного коэффициента активности размер "ионной атмосферы" (дебаевский радиус экранирования) с ростом концентрации ионов:
а) падает; б) растет; в) не изменяется.
8. Напряжение цепи $M_1 | L_1 || L_2 | M_2$ больше нуля, а цепи $M_2 | L_2 || L_1 | M_1$ меньше нуля. Какая из цепей записана верно:
а) первая; б) вторая; в) ни одна.
9. При 298 К ионные произведения воды и этилового спирта $K_w(H_2O)=10^{-14}$ и $K_w(C_2H_5OH)=10^{-20}$. В нейтральном водном и этанольном растворах одинаковой концентрации какой-либо сильной соли:
а) $pH(H_2O) > pH(C_2H_5OH)$; б) $pH(H_2O) < pH(C_2H_5OH)$; в) $pH(H_2O) = pH(C_2H_5OH)$;
10. Какое из следующих выражений не является уравнением Гиббса-Гельмгольца:

а) $\Delta H = \Delta G - T\Delta S$; б) $\Delta H = -zFE + zFT \left(\frac{dE}{dT} \right)_P$; в) оба.

11. Молярная электропроводность раствора электролита увеличивается с ростом температуры. Это обусловлено главным образом:
а) изменением механизма переноса ионов;
б) снижением кинематической вязкости;
в) изменением диэлектрической проницаемости.
12. Ток обмена электрохимической Ох,Red-реакции:
а) не зависит от активностей реагентов;
б) зависит от активности обоих реагентов;
в) зависит от активности лишь одного из реагентов.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. А.В. Введенский

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

Контрольно-измерительный материал № 2

- Константа и степень диссоциации электролитической диссоциации слабого электролита связаны соотношением: $K = \alpha^2 C / (1 - \alpha)$. По мере роста концентрации раствора C что произойдет с K :
а) увеличится; б) уменьшится; в) не изменится.
- При диффузии катиона и аниона в водном растворе сильного электролита скорости движения ионов очень быстро выравниваются. Это связано:
а) с выравниванием коэффициентов диффузии ионов;
б) с выравниванием их коэффициентов трения;
в) с наложением миграционного потока, вызванного градиентом диффузионного потенциала, на диффузионный поток;
г) с образованием ионных двойников.
- В каких растворителях ионы H_3O^+ и OH^- не обладают аномально высокой электропроводностью:
а) протофильных; б) протогенных; в) апротонных.
- Возникает ли двойной электрический слой на границе платины с абсолютно чистой водой:
а) да; б) нет; в) возникает, но быстро исчезает.
- Какой из параметров гидратации отдельного иона может быть определен экспериментально:
а) реальная теплота гидратации; б) химическая теплота гидратации; в) ни один.
- Потенциал какого из электродов не зависит от pH среды:
а) водородного; б) хингидронного; в) каломельного; г) стеклянного.
- Какое из условий выбора стандартного состояния для компонентов раствора электролита является верным:
а) $a_{\ominus}^0 \neq a_{+}^0 = a_{-}^0$; б) $a_{\ominus}^0 = a_{+}^0 \neq a_{-}^0$;
в) $a_{\ominus}^0 = a_{+}^0 = a_{-}^0$; г) $a_{\ominus}^0 \neq a_{+}^0 \neq a_{-}^0$.
- На основе какого соединения может быть изготовлен электрод II рода, обратимый по ионам Br^- :
а) LiBr; б) KBr; в) AgBr.
- Для раствора 1 моль/л Na_2SO_4 + 1 моль/л H_2SO_4 ионная сила равна:
а) 4 моль/л; б) 5 моль/л; в) 6 моль/л.
- Какое из выражений дает величину Гальвани-потенциала на границе фаз, если на ней идет электрохимическая реакция:
а) $g_{\alpha/\beta} = -\frac{1}{zF} \left[\sum_i (\tilde{\mu}_i v_i)^\beta - \sum_i (\tilde{\mu}_i v_i)^\alpha \right]$
б) $g_{\alpha/\beta} = -\frac{1}{zF} \left[\sum_i (\mu_i v_i)^\beta - \sum_i (\mu_i v_i)^\alpha \right]$
в) $g_{\alpha/\beta} = -\frac{1}{zF} \left[\sum_i (\tilde{\mu}_i)^\beta - \sum_i (\tilde{\mu}_i)^\alpha \right]$
- Стандартный электродный потенциал водородного электрода полагают равным нулю при:
а) $T=0$ К б) $T=298$ К в) любых T .
- Удельная электропроводность водного раствора сильного электролита с ростом его концентрации вначале растет, а затем снижается. Появление участка снижения обусловлено:
а) изменением механизма миграционного переноса;
б) изменением числа носителей заряда;
в) нарастающим влиянием межионных взаимодействий.

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Энергия какого из межчастичных взаимодействий в растворе электролита наиболее резко зависит от расстояния между частицами:
а) диполь-дипольного; б) ион-дипольного; в) ион-ионного.
2. Ион-ионное взаимодействие при диффузии ионов в растворе электролита:
а) проявляется сильнее, чем при миграции;
б) проявляется слабее, чем при миграции;
в) вообще не играет роли.
3. Различаются ли напряжения электрохимических цепей:
(-) Pt | M₁ | L | M₂, Pt (+) и (-) Pt | M₂ | M₁ | L | M₂, Pt (+)
а) да;
б) нет;
в) различаются по знаку, но не по величине;
г) различаются как по знаку, так и по величине.
4. Различие между химическим и электрохимическим потенциалами ионов i-го сорта обязательно нужно учитывать при описании равновесных процессов:
а) в объеме раствора электролита;
б) на границе раздела проводящих фаз;
в) в обоих случаях.
5. Электродом I рода является:
а) Ag | AgCl | Cl⁻; б) H⁺ | H₂; в) Ag⁺ | Ag; г) Cu²⁺ | Cu⁺.
6. Коэффициент активности иона с ростом его концентрации в растворе:
а) всегда повышается;
б) всегда убывает;
в) не изменяется;
г) снижается, а затем возрастает.
7. Средняя энергия каких взаимодействий является объектом расчета в теории Дебая-Хюккеля:
а) ион-ионных; б) ион-дипольных; в) диполь-дипольных.
8. Буферным действием обладает смесь оксалата калия с:
а) соляной кислотой; б) лимонной кислотой;
в) щавелевой кислотой; г) уксусной кислотой.
9. В реакции протолитического равновесия CH₃COOH + H₂F₂ = CH₃COOH₂⁻ + HF₂⁻ роль кислот играют:
а) CH₃COOH и H₂F₂;
б) CH₃COOH₂⁻ и CH₃COOH;
в) H₂F₂ и CH₃COOH₂⁻;
г) H₂F₂ и HF₂⁻.
10. В основном уравнении электрохимической термодинамики для напряжения гальванической цепи величина ΔG представляет:
а) свободную энергию Гиббса анодной реакции;
б) свободную энергию Гиббса катодной реакции;
в) свободную энергию Гиббса брутто-химической реакции.
11. Сильно разбавленные водные растворы слабых кислот (константы диссоциации K₁ и K₂) имеют одну и ту же молярную концентрацию. Если K₁ > K₂, то:
а) pH₁ > pH₂; б) pH₁ < pH₂; в) pH₁ = pH₂;
12. Напряжение цепи Cu / Cu²⁺ / Hg(Cu), Cu:
а) положительно; б) отрицательно; в) равно нулю.

Направление подготовки / специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина Физическая химия
Форма обучения очная
Вид контроля тест
Вид аттестации текущая

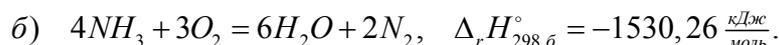
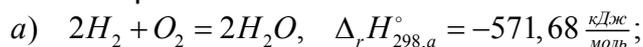
Контрольно-измерительный материал № 4

- Константа гидролиза соли слабой кислоты и сильного основания описывается соотношением:
а) $K_f = K_w / K_{\text{дисс}}$; б) $K_f = K_w \cdot K_{\text{дисс}}$; в) $K_f = K_{\text{дисс}} / K_w$;
- При помощи какого электрода нельзя потенциометрически определить концентрацию раствора HCl:
а) стеклянного; б) хингидронного; в) ртутносльфатного.
- Стандартная плотность тока обмена \bar{i}_0 двух разных ионно-металлических электродов равна 10^{-3} A/cm^2 и 10^3 A/cm^2 . Какой из этих электродов характеризуется повышенным поляризационным сопротивлением стадии перехода заряда:
а) с низким \bar{i}_0 ; б) с высоким \bar{i}_0 ; в) не зависит от \bar{i}_0 .
- Появление двойного электрического слоя на границе раздела металл- водный раствор электролита обусловлено:
а) растворением металла; б) адсорбцией ионных компонентов раствора;
в) адсорбцией молекул воды; г) всеми этими причинами.
- Чем принципиально отличаются химические цепи от концентрационных:
а) наличием или отсутствием скачка потенциала на границе раздела растворов;
б) характером температурной зависимости напряжения цепи;
в) различием металлов анода и катода;
г) порядком записи элементов цепи.
- К какому типу потенциалов относится потенциал Доннана:
а) Вольта-потенциал;
б) Гальвани-потенциал;
в) электродный потенциал;
г) реальный потенциал.
- Эффекты электрофоретического и релаксационного торможения при миграции ионов в растворе электролита с ростом его концентрации:
а) нарастают; б) снижаются; в) компенсируют друг друга.
- На катодной поляризационной кривой неподвижного электрода обнаружена область относительной независимости плотности тока от перенапряжения, причем вращение электрода приводит к росту плотности тока. Кинетика катодной реакции:
а) диффузионная; б) электрохимическая; в) химическая; г) кристаллизационная.
- По мере насыщения водного раствора KCl кислородом скорость коррозии меди:
а) не меняется; б) растет; в) падает.
- Правило Кольрауша $\Lambda_0 = \nu_+ \Lambda_+ + \nu_- \Lambda_-$ применяется к растворам сильных электролитов:
а) любых концентраций;
б) разбавленным;
в) концентрированным.
- К какому типу физических цепей относится цепь $(-)\text{Pt}, \text{Cu}_{(111)} | \text{Cu}^+ | \text{Cu}_{(100)}, \text{Pt} (+)$:
а) гравитационная;
б) аллотропная;
в) кристаллографическая.
- Эффект Фарадея в слабых электролитах обусловлен:
а) изменением подвижности ионов с напряженностью электрического поля;
б) изменением степени диссоциации с напряженностью поля;
в) изменением подвижности ионов с частотой переменного тока;
г) изменением степени диссоциации с частотой тока.

19.3.4 Примеры заданий для контрольных работ

Контрольная работа № 1

1. Найти стандартную молярную энтальпию образования аммиака на основании данных о реакциях в газовой фазе:



2. Оксид ртути диссоциирует по реакции $2HgO(\text{тв.}) = 2Hg(\text{г.}) + O_2(\text{г.})$. При 693 К давление диссоциации равно 51596 Па, а при 723 К – 107991 Па. Рассчитать: 1) константы равновесия при этих температурах; 2) энтальпию диссоциации 1 моль HgO.

Контрольная работа № 2

1. Предельная молярная электропроводность раствора $KClO_4$ при 18°C составляет $122,7 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Число переноса иона ClO_4^- равно 0,479. Найти предельные электрические подвижности ионов в растворе.

2. Вычислить $E_{O_2, H_2O_2 | Pt}^0$ для реакции $O_2 + 2H_3O^+ + 2e^- = H_2O_2 + 2H_2O$, если для реакций $O_2 + 4H_3O^+ + 4e^- = 6H_2O$ $E_{O_2, H_2O | Pt}^0 = 1,229 \text{ В}$; $H_2O_2 + 2H_3O^+ + 2e^- = 4H_2O$ $E_{H_2O_2, H_2O | Pt}^0 = 1,776 \text{ В}$.

19.3.5 Темы курсовых работ

1. Электроокисление органического вещества на металлическом или сплавленном электроде
2. Электрохимические свойства водных растворов органических кислот
3. Электрохимические свойства водно-органических растворов органических кислот
4. Электрохимические свойства водных растворов неорганических кислот
5. Константы равновесия электрохимических процессов
6. Коррозионное поведение металлов и сплавов в водных растворах
7. Коррозионное поведение металлов и сплавов в водно-органических растворах
8. Диффузионная кинетика катодного осаждения металла
9. Анодное растворение сплава в водном растворе
10. Определение коэффициента диффузии ионов металла в водных растворах электрохимическими методами
11. Гальванические элементы
12. Определение термодинамических констант равновесия окислительно-восстановительных реакций в твердых электролитах

19.3.6 Темы рефератов

1. Принципы химической кинетики.
2. Феноменологическая кинетика.
3. Кинетический закон действующих масс.
4. Лимитирующая стадия.
5. Кинетика простых химических реакций.
6. Кинетика сложных химических реакций.
7. Принцип квазистационарности Боденштейна-Семенова.
8. Зависимость константы скорости от температуры.
9. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.
10. Поверхность потенциальной энергии.
11. Теория переходного состояния.
12. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям.
13. Реакции в растворах.
14. Общие принципы катализа.
15. Гомогенный катализ.

16. Кислотно-основный катализ.
17. Автокатализ.
18. Гетерогенный катализ.
19. Активность и селективность катализаторов.
20. Энергия активации каталитических реакций.
21. Теория мультиплетов Баландина.
22. Теория активных ансамблей Кобозева.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, доклады); письменных работ (контрольные, лабораторные работы); тестирования; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков в области физической химии. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.