

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

 А.И. Жук
« 08 » 2011 г.

Регистрационный № ТД - Г. 349 /тип.

ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-31 05 01 Химия (по направлениям)
(Направление специальности
1-31 05 01-05 Химия (радиационная, химическая и биологическая защита))

СОГЛАСОВАНО

Председатель
учебно-методического объединения
по естественнонаучному
образованию

 В.В. Самохвал
« 08 » 2010 г.



СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

 Ю.И. Миксюк
« 29 » 2010 г.

Ректор Государственного учрежде-
ния образования «Республиканский
институт высшей школы»

 М.И. Демчук
« 07 » 2010 г.

Эксперт-нормоконтролер

 Н.П. Машерова
« 07 » 2010 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Татьяна Александровна Савицкая, доцент кафедры физической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Дмитрий Анатольевич Котиков, доцент кафедры физической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра физической и коллоидной химии Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Боднарь И.В., заведующий кафедрой химии Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор химических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой физической химии Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 30 декабря 2009 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 11 февраля 2010 г.);

Научно-методическим советом по химии Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию (протокол № 2 от 4 февраля 2010 г.).

Ответственный за редакцию и выпуск: Котиков Д.А.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Физическая и коллоидная химия» разработана для вузов Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта по направлению специальности «Радиационная, химическая и биологическая защита» и методологическим и научным содержанием курса физической и коллоидной химии с учетом опыта его преподавания в зарубежных вузах.

Цель преподавания дисциплины «Физическая и коллоидная химия» – на основе теоретического аппарата и экспериментальных методов показать взаимосвязь физических и химических явлений в макроскопических системах, ознакомить студентов с основами учения о дисперсном состоянии вещества, особых свойствах поверхностных слоев и поверхностных явлениях в дисперсных системах.

Лекционный курс дает четкое представление о фундаментальных теоретических и экспериментальных основах этой обширной области знаний в ее современном состоянии. Главное внимание при изложении физической химии уделяется изучению законов протекания химических процессов, условий достижения химического равновесия с помощью методов термодинамики и химической кинетики. В коллоидной химии особое внимание обращено на универсальность дисперсного состояния и роль размерного эффекта в физикохимии дисперсных систем. Кроме того предполагается показать большое значение физической и коллоидной химии для развития как химии, так и других естественных наук: биологии, экологии, медицины, геологии, метеорологии и др., а также многочисленных приложений в военном деле, технике, сельском хозяйстве.

Задачи изучения дисциплины:

1. Получение студентами фундаментальных физико-химических знаний, необходимых для последующего освоения общепрофессиональных дисциплин и дисциплин специализации.
2. Формирование у студентов представлений о методах физической и коллоидной химии, которые позволяют изучать и количественно характеризовать реальные объекты.
3. Приобретение компетенций в области управления химическими процессами, основанных на умении предсказывать их ход и конечный результат.
4. Развитие у студентов коллоидно-химического восприятия окружающего мира, основанного на знании универсальности коллоидного состояния вещества, молекулярного механизма коллоидных процессов.
5. Знакомство студентов с важнейшими закономерностями, которым подчиняется поведение гетерогенных и микрогетерогенных дисперсных систем и поверхностные явления в них.
6. Выработка у будущих специалистов грамотного подхода к решению теоретических и практических задач, умелому выбору экспериментальных физико-химических методов исследований, способам обработки полученных результатов измерений, их представлению и использованию для достижения конкретных практических целей.

Курс особенно важен для химиков, обучающихся по направлению специальности «Радиационная, химическая и биологическая защита». Его изучение предполагает овладение навыками предсказания хода физико-химических процессов и их конечных результатов на основе знания:

- строения и свойств индивидуальных веществ и их смесей,
- законов протекания химических и фазовых превращений,
- условий достижения состояний химического и фазового равновесия,

- энергетических эффектов, сопровождающих физико-химические превращения,
- кинетических особенностей процессов.

Обучающиеся также будут ознакомлены с основами электрохимических явлений, процессов адсорбции, экстракции, фильтрации, диализа, осмоса, диффузии, коагуляции, смачивания, растекания и др. Эта информация может быть успешно использована ими в будущей профессиональной деятельности, поскольку дает возможность планировать и целенаправленно управлять физико-химическими процессами, обеспечивать оптимальные условия их проведения, разрабатывать и внедрять современные энергоэффективные технологии на основе возобновляемых и экологически безопасных источников энергии, получать продукцию с требуемыми свойствами, выполнять нормы и требования охраны окружающей среды от вредных промышленных загрязнений, совершенствовать старые и разрабатывать новые методы радиационной, химической и биологической защиты.

При чтении лекционного курса применяется демонстрационный материал в виде мультимедийных презентаций.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу используются современные информационные технологии – комплекс учебных и учебно-методических материалов (программы, методические указания к лабораторным занятиям, график прохождения курса, примеры заданий и экзаменационных билетов, задания в тестовой форме, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.), которые размещены в свободном сетевом доступе.

На практических занятиях студенты учатся решать расчетные задачи, закрепляют пройденный лекционный материал.

Знание теоретической части курса также закрепляется на лабораторном практикуме, который знакомит студентов с основными экспериментальными методами физической и коллоидной химии.

Темы «Лиофильные дисперсные системы», «Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды», «Основы физико-химической механики» рассматриваются на семинарских занятиях.

Необходимым условием успешного усвоения дисциплины является систематический текущий контроль знаний студентов в течение всего семестра. Он осуществляется в форме тестовых проверочных работ, опросов и коллоквиумов по основным модулям курса, самостоятельных и контрольных работ на практических занятиях, выполнения и защиты лабораторных работ. Одной из форм текущего контроля является проведение мини-контрольных во время лекции. Для активизации самостоятельной работы студентов рекомендуется применять образовательные методики, предполагающие использование индивидуальных заданий, обучающих и контролирующих компьютерных программ, работу в компьютерном классе. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Дисциплина «Физическая и коллоидная химия» неразрывно связана с дисциплинами «Физика» (разделы: молекулярно-кинетическая теория газов, теория жидкого и твердого состояния, электричество и др.), «Высшая математика» (разделы: методы дифференциального и интегрального исчисления, методы решения дифференциальных уравнений, основы математического анализа и теории вероятности и др.), «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия с основами физико-химического анализа», «Основы информационных технологий», а также другими дисциплинами направления специальности «Радиационная, химическая и биологическая защита».

Выпускник университета, усвоивший дисциплину «Физическая и коллоидная химия», должен

знать:

- основные задачи, положения, постулаты и законы физической химии, их обоснование;
- границы применимости основных законов физической химии, идеализированных моделей и схем;
- условия, необходимые для протекания химических процессов, и факторы, определяющие их направление и скорость;
- основные характеристики и особенности коллоидного состояния вещества, методы получения и очистки дисперсных систем;
- теоретические основы диффузии, броуновского движения, седиментации и седиментационно-диффузионного равновесия;
- оптические, электрические и реологические свойства дисперсных систем;
- основы теории устойчивости дисперсных систем;
- основы таких дисперсных систем, как золи, суспензии, эмульсии, пены, аэрозоли;
- новейшие достижения в области коллоидной химии и перспективы их использования для получения новых материалов;

уметь:

- обработать и проанализировать результаты физико-химического эксперимента;
- использовать экспериментальные методы коллоидной химии для изучения и количественной характеристики дисперсных систем;
- использовать основы учения о дисперсном состоянии вещества, особых свойств поверхностных слоев и поверхностных явлений для объяснения поведения дисперсных систем в научных исследованиях и технологических процессах.

Программа содержит два основных раздела, состоящих из 11 глав, каждая из которых включает определенное количество тем:

РАЗДЕЛ I. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Глава I-1. Химическая термодинамика

I-1.1. Основные понятия, определения и постулаты химической термодинамики. Первый закон термодинамики. Термохимия.

I-1.2. Второй закон термодинамики и его приложения. Фундаментальные уравнения термодинамики.

I-1.3. Термодинамика растворов и гетерогенных систем.

I-1.4. Химическое равновесие.

Глава I-2. Химическая кинетика и катализ

I-2.1. Основные понятия и постулаты химической кинетики.

I-2.2. Кинетика химических реакций в статических и динамических условиях.

I-2.3. Теории химической кинетики.

I-2.4. Основы кинетики некоторых типов химических реакций.

I-2.5. Катализ.

Глава I-3. Электрохимия

- I-3.1. Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов.
- I-3.2. Неравновесные явления в растворах электролитов.
- I-3.3. Электрохимические равновесия. Электроды и электрохимические цепи.
- I-3.4. Основы электрохимической кинетики.

РАЗДЕЛ II. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯГлава II-1. Общая характеристика и классификация дисперсных систем

- II-1.1. Основные понятия, определения. Коллоидное состояние вещества.
- II-1.2. Классификация дисперсных систем.

Глава II-2. Получение лиофобных дисперсных систем

- II-2.1. Конденсационные и диспергационные методы.
- II-2.2. Методы синтеза нанодисперсных систем.

Глава II-3. Поверхностные явления

- II-3.1. Поверхностное натяжение.
- II-3.2. Смачивание и растекание.
- II-2.3. Адсорбция на различных межфазных границах.
- II-2.4. Двухмерное состояние вещества.

Глава II-4. Свойства и устойчивость дисперсных систем

- II-4.1. Молекулярно-кинетические свойства.
- II-4.2. Оптические свойства.
- II-4.3. Электрические свойства.
- II-4.4. Виды устойчивости. Теория ДЛФО. Коагуляция.

Глава II-5. Отдельные представители дисперсных систем

- II-5.1. Эмульсии.
- II-5.2. Пены. Аэрозоли.

Глава II-6. Лиофильные коллоидные системы

- II-6.1. Критические эмульсии и микроэмульсии.
- II-6.2. Мицеллярные растворы ПАВ.

Глава II-7. Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды

- II-6.1. Методы водоочистки.

Глава II-8. Основы физико-химической механики

- II-7.1. Основы реологии. Структурообразование.

Изучение курса физической и коллоидной химии предусматривается в течение двух семестров. Согласно типовому учебному плану изучение дисциплины рассчитано на 544 часа, из которых 272 часа отводится на аудиторные занятия (104 – лекционных, 106 – лабораторных, 62 – практических и семинарских занятий).

При разработке учебных программ допускается изменение последовательности изучения, а также перенесение отдельных вопросов программы на практические занятия или на самостоятельное изучение без нарушения целостности курса.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ раздела и темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические и семинарские занятия
1	2	3	4	5
	Введение	1	–	–
I	ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	59	72	34
I-1	Химическая термодинамика	23	30	12
I-1.1	Основные понятия, определения и постулаты химической термодинамики. Первый закон термодинамики. Термохимия	4	6	2
I-1.2	Второй закон термодинамики и его приложения. Фундаментальные уравнения термодинамики	6	6	2
I-1.3	Термодинамика растворов и гетерогенных систем	7	10	4
I-1.4	Химическое равновесие	6	8	4
I-2	Химическая кинетика и катализ	16	20	12
I-2.1	Основные понятия и постулаты химической кинетики	2	–	2
I-2.2	Кинетика химических реакций в статических и динамических условиях	4	10	4
I-2.3	Теории химической кинетики	4	–	2
I-2.4	Основы кинетики отдельных типов химических реакций	4	6	2
I-2.5	Катализ	2	4	2
I-3	Электрохимия	20	22	10
I-3.1	Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов	4	–	2
I-3.2	Неравновесные явления в растворах электролитов	6	10	2
I-3.3	Электрохимические равновесия. Электроды и электрохимические цепи	8	12	4
I-3.4	Основы электрохимической кинетики	2	–	2
II	КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	44	34	28
II-1	Общая характеристика и классификация дисперсных систем	4	–	–

II-1.1	Основные понятия, определения. Коллоидное состояние вещества	2	–	–
II-1.2	Классификация дисперсных систем	2	–	–
II-2	Получение лиофобных дисперсных систем	6	6	4
II-2.1	Диспергационные и конденсационные методы	4	3	2
II-2.2	Новые методы синтеза высокодисперсных систем (наносистем)	2	3	2
II-3	Поверхностные явления	16	10	6
II-3.1	Поверхностное натяжение	4	4	2
II-3.2	Смачивание и растекание	2	–	–
II-2.3	Адсорбция на различных поверхностях раздела фаз	8	6	4
II-2.4	Двухмерное состояние вещества	2	–	–
II-4	Свойства и устойчивость дисперсных систем	14	14	10
II-4.1	Молекулярно-кинетические свойства	6	4	2
II-4.2	Оптические свойства	2	2	2
II-4.3	Электрические свойства	4	4	4
II-4.4	Виды устойчивости. Теория ДЛФО. Коагуляция	2	4	2
II-5	Отдельные представители дисперсных систем	4	–	2
II-5.1	Эмульсии	2	–	1
II-5.2	Пены. Аэрозоли	2	–	1
II-6	Лиофильные коллоидные системы	–	–	2
II-6.1	Критические эмульсии и микроэмульсии	–	–	1
II-6.2	Мицеллярные растворы ПАВ	–	–	1
II-7	Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды	–	4	2
II-7.1	Методы водоочистки	–	4	2
II-8	Основы физико-химической механики	–	–	2
II-8.1	Основы реологии. Структурообразование	–	–	2
	Всего аудиторных часов 272	104	106	62

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Предмет, задачи, методы и разделы физической и коллоидной химии. Физическая химия как теоретическая основа современной химии. Коллоидная химия как наука о дисперсных системах и поверхностных явлениях (как физикохимия реальных тел). Основные этапы развития физической и коллоидной химии.

I. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

I-1. Химическая термодинамика

I-1.1. Основные понятия, определения и постулаты химической термодинамики. Первый закон термодинамики. Термохимия.

Предмет и методы исследования термодинамики. Термодинамический и статистический методы исследования. Термодинамическая система и окружающая среда. Типы термодинамических систем: изолированные, закрытые, адиабатически изолированные, замкнутые, открытые. Равновесное состояние системы. Стационарное состояние системы.

Параметры состояния системы: внешние и внутренние, интенсивные и экстенсивные. Независимые параметры и функции. Основные параметры. Функции состояния и функции процесса, их математическое описание. Термодинамические процессы: равновесные, неравновесные, обратимые, необратимые, циклические. Характеристики равновесных и обратимых процессов.

Исходные постулаты термодинамики. Постулат о термодинамическом равновесии (исходное положение термодинамики). Постулат о существовании температуры. Внутренняя энергия системы, теплота, работа, их определение, единицы измерения. Правила выбора знаков теплоты и работы.

Первый закон термодинамики, его формулировки. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Виды работы, потерянная работа. Работа расширения идеальных и реальных газов в различных обратимых и необратимых процессах. Энтальпия. Средняя и истинная теплоемкость, их связь. Пределы изменения теплоемкости. Соотношения между C_p и C_v . Классическая теория теплоемкости идеального газа. Эмпирические правила для теплоемкости твердых тел Дюлонга и Пти, Коппа и Неймана. Теплоемкость газов и жидкостей.

Термохимия. Теплота и тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса и следствия из него. Стандартное состояние и стандартные условия, базисные температуры. Выбор стандартного состояния газов и конденсированных фаз. Стандартные энтальпии образования химических соединений, нуль отсчета. Стандартная энтальпия образования элементов. Стандартные теплоты сгорания и их определения. Стандартные энтальпии химических реакций.

I-1.2. Второй закон термодинамики и его приложения. Фундаментальные уравнения термодинамики.

Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Направление самопроизвольных процессов и диссипация энергии. Энтропия как мера необратимого рассеяния энергии. Формулировки второго закона термодинамики Клаузиуса, Томсона, Томсона-Оствальда. Вечный двигатель второго рода. Формулировка второго закона в химической термодинамике. Энтропия и приведенная теплота. Неравенство Клаузиуса. Второй закон термодинамики как закон о неубывании энтропии в

изолированной системе. Обоснование существования энтропии как функции состояния системы. Принцип адиабатической недостижимости Каратеодори. Статистический характер второго закона термодинамики, формула Больцмана. Математическая запись второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Абсолютная температура. Температурные шкалы. Вычисление изменения энтропии в различных обратимых и необратимых процессах. Энтропия идеального газа, энтропийная газовая постоянная. Изменение энтропии при изобарно-изотермическом смешении идеальных газов, парадокс Гиббса. Третий закон термодинамики, постулат Планка, остаточная энтропия. Абсолютные энтропии веществ. Значения энтропии веществ в стандартных условиях, их вычисления, эмпирические соотношения для оценки энтропии в стандартных условиях. Вычисление изменения энтропии в химических реакциях.

Фундаментальные уравнения термодинамики. Характеристические функции. Фундаментальное уравнение термодинамики (уравнение Гиббса) для простых и сложных систем. Независимые переменные фундаментального уравнения термодинамики, их характеристики. Функции состояния энтальпия, энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Характеристические функции и их свойства. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. Энтальпия простых и сложных систем. Вычисление изменения энтальпии как функции температуры и давления. Энтальпии фазовых переходов. Энтальпия как характеристическая функция и термодинамический потенциал. Энергия Гельмгольца и направление самопроизвольного процесса. Связь энергии Гельмгольца с внутренней энергией, другими термодинамическими функциями и максимальной работой. Энергия Гиббса как термодинамический потенциал и характеристическая функция. Связь энергии Гиббса с максимальной полезной работой. Характеристические функции идеального газа. Общие условия равновесия изолированных и закрытых систем и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца в дифференциальной и интегральной форме, его роль в химии. Работа и теплота обратимых и необратимых процессов.

Условия равновесия в однокомпонентных гетерогенных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Фазовые переходы I и II рода. Плавление, испарение, сублимация. Зависимость температуры плавления от внешнего давления. Энтропия плавления. Зависимость давления насыщенного пара вещества от температуры. Правила Труттона и Гильдебрандта.

I-1.3. Термодинамика растворов и гетерогенных систем.

Фундаментальные уравнения термодинамики для открытых систем. Внутренняя энергия и другие термодинамические потенциалы открытых систем. Химический потенциал. Химический потенциал и энергия Гиббса индивидуальных веществ. Химический потенциал идеального газа. Уравнения Гиббса-Дюгема для различных термодинамических функций. Парциальные молярные величины и их определение. Соотношения между парциальными молярными и интегральными величинами. Методы вычисления парциальных молярных величин. Химический потенциал компонента в смеси идеальных газов. Закон Дальтона для смеси идеальных газов. Функции смешения идеальных газов.

Растворы. Определение понятия «раствор». Классификация растворов. Специфика растворов, роль межмолекулярного и химического взаимодействий, понятие о сольватации. Термодинамические условия образования растворов. Закон Рауля, идеальные растворы и их определение. Закон Генри. Растворимость газов в

жидкостях. Состав насыщенного пара над идеальным раствором. Общее давление насыщенного пара идеального раствора как функция состава раствора и состава насыщенного пара. Диаграммы равновесия «жидкость – пар», правило рычага. Температура кипения идеальных растворов, физико-химические основы перегонки растворов. Неидеальные растворы, виды отклонений от закона Рауля, энергия взаимного обмена и размерный фактор. Различные виды диаграмм равновесия. Законы Гиббса-Коновалова, азеотропные растворы. Ограниченная растворимость жидкостей. Равновесие «пар – жидкий раствор» в системах с ограниченной взаимной растворимостью и полной взаимной нерастворимостью жидкостей. Химический потенциал компонента в идеальном, предельно разбавленном и реальном растворах. Активность, методы определения активностей и коэффициентов активностей. Растворимость в идеальных и предельно разбавленных растворах. Уравнение растворимости Шредера. Коллигативные свойства растворов. Криоскопия, криоскопическая константа растворителей, изотонический коэффициент Вант-Гоффа, практическое использование криоскопии. Эбулиоскопия. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа, его термодинамический вывод и область применимости.

Гетерогенные фазовые равновесия. Условия равновесия в многокомпонентных гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса и его вывод. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора, углерода. Энантиотропные и монокотропные превращения. Двухкомпонентные системы и их анализ на основе правила фаз. Двухкомпонентные системы с одной фазой переменного состава: с химическими соединениями, плавящимися конгруэнтно и инконгруэнтно. Эвтектические и перитектические точки. Твердые растворы, условия их образования. Трехкомпонентные системы. Графическое изображение состава трехкомпонентной системы, треугольник Гиббса-Розебума.

I-1.4. Химическое равновесие.

Условия химического равновесия. Закон действующих масс. Термодинамическая константа равновесия, другие виды констант равновесия и связь между ними. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа. Стандартная энергия Гиббса химической реакции и ее связь с термодинамической константой равновесия. Химические равновесия в гетерогенных системах и растворах. Принцип смещения равновесия ле Шателье–Брауна. Зависимость констант равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры реакции. Влияние давления на химические равновесия. Расчет константы равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Расчеты выхода продуктов химических реакций. Тепловая теорема Нернста, следствия. Химические равновесия в реальных газовых системах. Фугитивность, методы ее вычисления.

I-2. Химическая кинетика и катализ

I-2.1. Основные понятия и постулаты химической кинетики.

Химическая кинетика – наука о скоростях и механизмах химических реакций. Термодинамические и кинетические критерии возможности протекания химического процесса и его практическая реализация. Особенности кинетического подхода к описанию химических реакций. Промежуточные вещества и понятие элементарной стадии химической реакции. Простые и сложные химические реакции. Механизм химической реакции и несоответствие механизмов реакций стехиометрическим уравнениям.

Основные понятия химической кинетики. Истинная и средняя скорость химической реакции, скорость по отдельному реагенту. Особенности определения скорости химической реакции, протекающей в потоке. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Экспериментальное определение скорости химической реакции. Кинетические кривые и кинетические уравнения. Порядок химической реакции. Общий и частный порядок. Реакции переменного порядка и изменение порядка в ходе реакции. Временной и концентрационный порядок реакции. Кинетическая классификация реакций по их порядку. Реакции псевдо n -го порядка. Молекулярность элементарной химической реакции.

Закон действующих масс – основной постулат химической кинетики. Область применения закона действия масс. Составление кинетических уравнений для известного механизма реакции. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Константа скорости химической реакции, ее физический смысл и размерность для реакций различных порядков. Основные принципы химической кинетики: принцип независимости химических реакций и область его применения, принцип лимитирующей стадии химического процесса, принцип детального равновесия.

1-2.2. Кинетика химических реакций в статических и динамических условиях.

Кинетические особенности протекания простых необратимых реакций – кинетические уравнения, константа скорости, зависимость концентрации участников реакции от времени, время полупревращения. Реакции нулевого порядка. Реакции первого порядка, средняя продолжительность жизни молекулы в реакции первого порядка. Кинетические особенности реакций второго порядка при одинаковой и различной начальной концентрации участников реакции. Реакции третьего порядка. Общее выражение для константы скорости реакции n -го порядка.

Методы определения порядка реакции и константы скорости по экспериментальным данным. Понятие об интегральных и дифференциальных методах определения порядка реакции и константы скорости. Определение частного порядка реакции, метод избытка (метод Оствальда). Метод равных концентраций. Метод подбора уравнений в графическом и аналитическом вариантах. Метод определения порядка реакции по времени полупревращения (метод Оствальда–Нойеса). Дифференциальный метод Вант-Гоффа. Особенности применения метода Вант-Гоффа для определения временного и концентрационного порядков реакции.

Кинетические особенности протекания сложных необратимых реакций – кинетические уравнения, константа скорости, зависимость концентрации участников реакции от времени. Обратимые реакции первого порядка, нахождение константы скорости прямой и обратной реакций по экспериментальным данным. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка. Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов. Метод квазистационарных концентраций Боденштейна и условия его применения. Лимитирующая стадия сложного процесса. Квазиравновесное приближение.

Кинетика реакций в динамических условиях. Режимы идеального смешения и идеального вытеснения. Кинетика реакций в потоке на примере необратимой и обратимой реакций первого порядка.

Зависимость скорости реакции от температуры. Эмпирическое правило Вант-Гоффа и область его применения. Температурный коэффициент скорости реакции. Уравнение Аррениуса и его термодинамический вывод. Понятие об энергии активации химической реакции. Истинная и кажущаяся энергия активации. Нахож-

дение энергии активации химической реакции по экспериментальным данным. Эмпирические правила оценки энергии активации.

I-2.3. Теории химической кинетики.

Теория активных соударений. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Бимолекулярные реакции в теории активных соударений. Скорость реакции и число активных соударений. Стерический фактор. Расчет константы скорости бимолекулярной химической реакции. Истинная энергия активации. Мономолекулярные реакции в теории активных соударений. Достоинства и недостатки теории активных соударений.

Теория активированного комплекса. Основные положения теории активированного комплекса. Активированный комплекс и его свойства. Понятие о статистическом методе расчета константы скорости бимолекулярной реакции. Трансмиссионный коэффициент. Особенности применение теории активированного комплекса для расчета константы скорости моно-, би- и тримолекулярных реакций и сопоставление ее результатов с результатами теории активных соударений. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия и энтальпия активации. Достоинства и недостатки теории активированного комплекса.

I-2.4. Основы кинетики отдельных типов химических реакций.

Основы кинетики цепных реакций, особенности их протекания. Элементарные процессы возникновения, продолжения, развития и обрыва цепи. Разветвленные и неразветвленные цепные реакции. Особенности кинетики неразветвленных цепных реакций на примере реакции образования HCl. Особенности кинетики разветвленных цепных реакций на примере реакции окисления водорода.

Основы кинетики фотохимических реакций. Основные законы фотохимии: законы Гротгуса, Вант-Гоффа и Эйнштейна. Квантовый выход. Элементарные фотохимические процессы, происходящие при поглощении света веществом. Флуоресценция и фосфоресценция. Кинетика фотохимических реакций на примере флуоресценции. Фотохимические реакции в природе.

Основы кинетики гетерогенных процессов. Роль диффузии при протекании гетерогенной химической реакции. Диффузионная и кинетическая области протекания реакции. Роль адсорбции при протекании поверхностной реакции.

I-2.5. Катализ.

Основные понятия и определения теории катализа. Роль катализаторов в химии. Активность катализатора. Активаторы и ингибиторы. Специфичность и селективность катализатора. Промоторы. Основные механизмы катализа. Общая характеристика и классификация каталитических реакций.

Механизм и энергетический профиль каталитической реакции. Скорость каталитической реакции. Автокатализ – возможные механизмы и скорость автокаталитической реакции. Кислотно-основной катализ. Классификация и механизмы реакций кислотно-основного типа. Ферментативный катализ. Причины высокой каталитической активности ферментов. Механизм реакций ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние температуры и pH среды на скорость ферментативной реакции. Ингибирование ферментативных реакций и экспериментальное установление механизма ингибирования.

Гетерогенные каталитические реакции. Общие принципы гетерогенного катализа. Активационный процесс в гетерогенном катализе. Роль адсорбции в протекании гетерогенной каталитической реакции. Энергетический профиль гетерогенной каталитической реакции. Истинная и кажущаяся энергия активации гетерогенного каталитического процесса. Учет массопереноса в гетерогенном катализе. Теория активных центров. Отравление катализатора. Мультиплетная теория Баландина. Принципы геометрического и энергетического соответствия. Теория активных ансамблей Кобозева. Электронная теория катализа Волькенштейна. Важнейшие классы промышленных катализаторов. Промышленные каталитические процессы.

1-3. Электрохимия

1-3.1. Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов.

Предмет и основные разделы электрохимии. Проводники с электронной и ионной проводимостью. Электролиты. Химический и электрохимический способы осуществления окислительно-восстановительных реакций. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Законы Фарадея. Выход по току.

Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов: диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы. Достоинства и недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса.

Причины электролитической диссоциации и механизм образования растворов. Ион-дипольное взаимодействие в растворах электролитов как основное условие устойчивости раствора электролита. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации. Особенности гидратации протонов.

Ион-ионные взаимодействия в растворах сильных электролитов. Термодинамика реальных растворов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициент активности, их связь с активностью и коэффициентом активности отдельных ионов. Основные положения теории сильных электролитов Дебая–Гюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Радиус ионной атмосферы. Уравнения для расчета среднего ионного коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая–Гюккеля. Применение результатов теории Дебая–Гюккеля к слабым электролитам и смешанным растворам электролитов. Ионная ассоциация и современные представления о теории растворов электролитов.

1-3.2. Неравновесные явления в растворах электролитов.

Электропроводность растворов электролитов. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность растворов электролитов. Зависимость электропроводности сильных и слабых электролитов от концентрации и температуры. Физический смысл электрофоретического и релаксационного эффектов. Методы измерения электропроводности.

Закон Кольрауша. Экспериментальное определение предельной подвижности ионов. Аномальная подвижность ионов водорода и гидроксид-ионов.

Применение метода измерения электропроводности для экспериментального определения предельной подвижности ионов, степени и константы диссоциации слабых электролитов, произведения растворимости труднорастворимых соединений. Числа переноса ионов и их зависимость от концентрации и температуры.

Представление о механизме проводимости неводных растворов, ионных расплавов и твердых электролитов.

I-3.3. Электрохимические равновесия. Электроды и электрохимические цепи.

Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Природа скачка потенциала на границе раздела фаз. Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста. Равновесие в электрохимической цепи. ЭДС равновесной электрохимической цепи, ее связь с изменением энергии Гиббса электрохимической реакции. Понятие электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Экспериментальное измерение потенциала отдельного электрода. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.

Классификация электродов. Электроды первого рода, обратимые по катиону и аниону, амальгамные электроды. Элемент Вестона. Электроды второго рода, насыщенный каломельный и хлорсеребряный электроды. Окислительно-восстановительные и газовые электроды. Стандартный водородный электрод. Мембранные электроды. Стекланный электрод.

Классификация электрохимических цепей. Физические, химические и концентрационные цепи. Простые и сложные цепи. Электрохимические цепи с переносом и без переноса. Механизм возникновения диффузионного потенциала, методы его учета и устранения. Экспериментальное измерение ЭДС гальванического элемента. Термодинамика гальванического элемента.

Практическое применение метода измерения ЭДС гальванических элементов для определения термодинамических характеристик потенциалобразующих реакций, рН, ПР труднорастворимых солей, средней ионной активности и среднего ионного коэффициента активности, констант равновесия ионных реакций.

I-3.4. Основы электрохимической кинетики.

Основные стадии электродного процесса. Электродное перенапряжение. Катодное восстановление водорода. Плотность тока как мера скорости электродного процесса.

Электрохимическая коррозия и способы защиты металлов от коррозии. Химические источники тока. Представление о водородной энергетике.

II-КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

II-1. Общая характеристика и классификация дисперсных систем

II-1.1. Основные понятия, определения. Коллоидное состояние вещества.

Определение, основные понятия, объекты и цели изучения коллоидной химии. Причины возникновения поверхностных явлений в дисперсных системах. Основные количественные характеристики дисперсности. Коллоидное состояние вещества.

Краткий исторический обзор развития коллоидной химии.

Коллоидная химия как научная основа оптимизации и интенсификации гетерогенных химико-технологических процессов, протекающих с участием дисперсных фаз; значение коллоидной химии для биологии, геологии, медицины и других областей науки, техники и сельского хозяйства. Современные направления и перспективы развития коллоидной химии. Использование принципов зеленой химии

при проведении коллоидно-химических процессов в условиях промышленных производств. Устойчивое развитие, университетское образование для устойчивого развития. Роль и место коллоидной химии в процессе движения человеческого общества к устойчивому развитию.

II-1.2. Классификация дисперсных систем.

Различные типы классификации дисперсных систем: по размерам частиц, по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по числу характеристических размеров дисперсной фазы, по межчастичному взаимодействию, по межфазному взаимодействию, по характеру распределения фаз, по фракционному составу частиц дисперсной фазы. Особое место растворов высокомолекулярных соединений в коллоидно-химической классификации. Лиофильные и лиофобные системы; сходство и различия между ними и растворами и дисперсиями высокомолекулярных соединений. Особенности свойств наноразмерных систем. Поли- и монодисперсные коллоидные системы. Коллоидные кристаллы.

II-2. Получение лиофобных дисперсных систем

II-2.1. Диспергационные и конденсационные методы

Диспергационные методы получения дисперсных систем. Связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования. Процессы диспергирования в природе, современной технике и химической технологии.

Конденсационные способы получения дисперсных систем. Строение структурных единиц дисперсной фазы гидрофобных золь (мицелл). Методы очистки коллоидных растворов: диализ, электродиализ, ультрафильтрация.

II-2.2. Новые методы синтеза высокодисперсных систем (наносистем)

Синтез в нанореакторах: микроэмульсиях, мицеллярных системах (темплатный синтез), высокопористых телах (цеолитах и др.).

II-3. Поверхностные явления

II-3.1. Поверхностное натяжение.

Граница раздела фаз, ее силовое поле. Удельная поверхностная энергия (поверхностное натяжение) как характеристика этого поля; молекулярное давление. Определение поверхностного натяжения. Факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкостей: химическая природа вещества, температура, кривизна поверхности и др.). Межфазное натяжение на границе раздела двух жидкостей; правило Антонова. Методы измерения поверхностного натяжения на легкоподвижных границах фаз.

II-3.2. Смачивание и растекание.

Явления капиллярности и смачивания. Количественные характеристики смачивания: краевой угол, работа адгезии, теплота смачивания. Закон Юнга. Соотношение между работами когезии и адгезии при смачивании. Избирательное смачивание как метод характеристики поверхностей твердых тел; лиофильные и лиофобные поверхности. Смачивание реальных твердых поверхностей. Капиллярное дав-

ление. Закон Лапласа. Капиллярное поднятие жидкости, уравнение Жюрена. Зависимость давления насыщенного пара и растворимости от кривизны поверхности раздела сосуществующих фаз; закон Томсона (Кельвина). Капиллярная конденсация. Роль капиллярных явлений в промышленности и агротехнике.

II-2.3. Адсорбция на различных поверхностях раздела фаз.

Адсорбция на жидкой поверхности. Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на границе раздела фаз компонентов, понижающих поверхностное натяжение. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества на разных межфазных границах.

Органические поверхностно-активные вещества (ПАВ) с дифильными молекулами; их классификация по молекулярному строению (анионные, катионные, амфолитные, неионогенные, низко- и высокомолекулярные) и по механизму действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества). Представление о гидрофильно-олеофильном балансе молекул ПАВ.

Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора ПАВ. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность и ее изменение в гомологических рядах. Работа адсорбции. Теоретическое обоснование правила Дюкло-Траубе. Уравнение Ленгмюра, его связь с уравнениями Гиббса и Шишковского.

Адсорбция газов на твердой поверхности. Понятие о физической адсорбции и хемосорбции. Локализованная адсорбция газов на твердой поверхности по теории Ленгмюра. Потенциальная теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Теория БЭТ. Определение удельной поверхности адсорбентов.

Особенности адсорбции молекул и ионов из растворов на твердой поверхности. Правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация поверхностей.

II-2.4. Двухмерное состояние вещества.

Двухмерное состояние вещества в адсорбционном слое. Слои малорастворимых ПАВ на поверхности воды. Весы Ленгмюра. Двухмерное (поверхностное) давление. Уравнение двухмерного состояния вещества. Изотерма двухмерного давления. Основные типы поверхностных пленок нерастворимых ПАВ. Пленки Ленгмюра-Блоджетт как модели организованных структур.

II-4. Свойства и устойчивость дисперсных систем

II-4.1. Молекулярно-кинетические свойства.

Универсальность молекулярно-кинетических свойств растворов и дисперсных систем. Теория броуновского движения по Эйнштейну-Смолуховскому, экспериментальная проверка теории Перреном, Сведбергом. Диффузия в коллоидных системах. Уравнение Эйнштейна. Осмотическое давление. Обратный осмос. Осмотические свойства дисперсных систем и мембранное равновесие, их роль в биологических процессах.

Седиментация в дисперсных системах: в гравитационном и центробежном полях. Устройство ультрацентрифуги. Седиментационный анализ суспензий. Уравнение Сведберга-Одена.

Седиментационно-диффузионное равновесие коллоидных частиц. Экспериментальное определение числа Авогадро.

Научно-философское значение исследований молекулярно-кинетических свойств дисперсных систем.

II-4.2. *Оптические свойства.*

Рассеяние и поляризация света в коллоидных системах. Закон Релея и условия его применимости. Поглощение света и окраска золей.

Нефелометрия и турбидиметрия. Ультрамикроскопия. Применение электронной микроскопии к исследованию коллоидных систем.

II-4.3. *Электрические свойства.*

Причины образования и строение двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела фаз. Модели строения ДЭС (теории Гельмгольца-Перрена, Гуи-Чепмена, Штерна). Современная модель строения мицеллы. Потенциалы ДЭС. Электрокинетический потенциал как фактор устойчивости гидрофобных золей. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов, концентрации и температуры на электрокинетический потенциал.

Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы протекания и седиментации. Методы измерения электрокинетического потенциала. Формула Гельмгольца-Смолуховского.

II-4.4. *Виды устойчивости. Теория ДЛФО. Коагуляция.*

Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. Роль теплового движения.

Основы теории устойчивости лиофобных золей – теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Расклинивающее давление по Дерягину. Молекулярная составляющая расклинивающего давления. Ионно-электростатическая составляющая расклинивающего давления.

Факторы агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем. Структурно-механический барьер по Ребиндеру как фактор сильной стабилизации.

Коагуляция гидрофобных золей электролитами. Стадии коагуляции. Кинетика коагуляции. Концентрационная и нейтрализационная коагуляция. Порог коагуляции; правила электролитной коагуляции. Зоны устойчивости при перезарядке коллоидных частиц. Пептизация. Коагуляция смесью электролитов. Взаимная коагуляция золей. Коллоидная защита. Сенсбилизация. Гетерокоагуляция, адагуляция. Устойчивость и коагуляция золей и суспензий в технологических процессах и в природе.

II-5. **Отдельные представители дисперсных систем**

II-5.1. *Эмульсии.*

Классификация эмульсий. Методы получения эмульсий. Основные характеристики эмульсий. Агрегативная устойчивость эмульсий. Типы эмульгаторов. Способы разрушения эмульсий. Практическое применение эмульсий.

II-5.2. *Пены. Аэрозоли.*

Классификация пен. Методы получения пен. Основные характеристики пен. Устойчивость пен. Методы разрушения пен. Практическое применение пен.

Классификация аэрозолей. Методы получения аэрозолей. Общая характеристика аэрозолей. Методы разрушения аэрозолей. Физико-химические основы дис-

пергирования веществ при помощи аэрозольных баллонов. Практическое применение аэрозолей.

II-6. Лиофильные коллоидные системы

II-6.1. Критические эмульсии и микроэмульсии.

Условия образования и термодинамическая стабильность лиофильных коллоидных систем. Критерий Ребиндера-Щукина самопроизвольного диспергирования объемных фаз. Критические эмульсии как лиофильные коллоидные системы. Микроэмульсии: состав и строение. Области применения микроэмульсий.

II-6.2. Мицеллярные растворы ПАВ.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) и высокомолекулярные вещества (ВМС), способные образовывать лиофильные коллоидные системы. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования. Строение мицелл ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования. Температура Крафта. Солюбилизация в растворах мицеллообразующих ПАВ. Области применения мицеллярных растворов ПАВ.

II-7. Коллоидно-химические основы охраны окружающей среды

II-7.1. Методы водоочистки.

Характеристика основных механических, химических и микробиологических загрязнителей воды. Методы очистки природных и сточных вод, основанные на изменении агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем. Использование принципов коагуляции и флокуляции. Механические методы разрушения дисперсий. Микрофлотация и фильтрование. Обратный осмос, ультрафильтрация и микрофильтрация. Очистка воды от токсичных загрязнений, растворимых в воде. Методы обеззараживания воды.

II-8. Основы физико-химической механики

II-8.1. Основы реологии. Структурообразование.

Понятие о физико-химической механике и ее основных задачах. Структурообразование в дисперсных системах; типы дисперсных структур. Природа контактов между элементами структуры; прочность дисперсной структуры. Образование и свойства гелей. Коагуляционные структуры; явление тиксотропии. Кристаллизационные структуры.

Основы реологии. Реологические модели: упругость, вязкость, пластичность. Описание реологического поведения дисперсных систем на основе моделей Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова. Полные реологические кривые свободнодисперсной системы с анизометричными частицами и связнодисперсной системы с коагуляционными контактами между частицами.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Приложение 1

РУКОМЕНДУЕМАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Краснов К.С., Воробьев Н.К., Годнев И.Н. и др. Физическая химия / Под ред. К.С. Краснова, в 2-х кн. – М.: Высшая школа, 2001 г.
2. Герасимов Я.И., Древинг В.П., Еремин Е.Н. и др. Курс физической химии / Под ред. Я.И. Герасимова, в 2-х т. – М.: Химия, 1973 г.
3. Киреев В.А. Краткий курс физической химии – М.: Химия, 1978 г., 622 с.
4. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи: уч. пособие для вузов – М.: Экзамен, 2005 г., 320 с.
5. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия – М.: Высш. шк., 1992 г., 416 с. (2004 г., 445 с.)
6. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии – Л.: Химия, 1995 г., 385 с.
7. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии – М.: Химия, 1975 г., 512 с.
8. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии – М.: Химия, 1989 г., 462 с.

Дополнительная:

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство / под ред. Никольского Б.П.– Л.: Химия. 1987 г., 880 с.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия – М.: Высшая школа, 527 с.
3. Карякин Н.В. Основы химической термодинамики – М.: ACADEMIA, 2003 г., 462 с.
4. Эткинс П. Курс физической химии, в 2-х т. – М.: Мир, 1980 г.
5. Физическая химия в вопросах и ответах / Под ред. К.В.Топчиевой, Н.Ф.Федорович – М.: МГУ, 1981 г., 264 с.
6. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия – М.: Мир, 1978 г., 643 с.
7. Мелвин-Хьюз Э.А. Физическая химия, в 2-х т. – М.: Изд. иностр. лит., 1962 г.
8. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия – М.: Высш. школа, 1975 г., 512 с.
9. Эмануэль Н.И., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики – М.: Высш. школа 1974 г., 483 с.
10. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия – М.: Высш. шк., 1990 г., 487 с.
11. Балезин С.А., Ерофеев Б.В., Подобаев Н.И. Основы физической и коллоидной химии – М.: Просвещение, 1975 г., 398 с.
12. Адамсон А. Физическая химия поверхностей – М.: Мир, 1979 г., 568 с.

13. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Коллоидная химия – М.: Наука, 1978 г., 368 с.
14. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Физико-химическая механика – М.: Наука, 1979 г., 381 с.
15. Шелудко А. Коллоидная химия, 2-е изд. / Под ред. Б.В. Дерягина и Е.Д. Щукина – М.: Мир, 1984 г., 319 с.
16. Яминский В.В. и др. Коагуляционные контакты в дисперсных системах – М.: Химия, 1982 г., 185 с.
17. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания – М.: Химия, 1976 г., 230 с.
18. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды – М.: Мир, 1997 г., 198 с.
19. Микроэмульсии: структура и динамика / Пер с англ., под ред. С. Фриберга и П. Ботореля – М.: Мир, 1990 г., 320 с.
20. Миттел К. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии – М.: Мир, 1980 г., 600 с.

Приложение 2

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КОЛЛОКВИУМОВ

Задание 1.

1. Предмет физической химии. Задачи и методы исследования физической химии. Основные термодинамические понятия и определения: система, типы систем, термодинамические параметры, функции состояния и процесса, равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы, теплота, работа.

2. Растворы, классификация растворов, способы выражения концентраций. Законы для идеальных растворов: Рауля, Генри, Вант-Гоффа.

3. Первый закон термодинамики. Основные формулировки и его аналитическое выражение. Внутренняя энергия системы, ее определение и свойства. Теплота и работа как формы передачи энергии.

Задание 2.

1. Влияние температуры и давления на смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье. Расчет константы равновесия на основе стандартных термодинамических величин.

2. Расчет работы объемного расширения идеального газа в различных процессах: изохорическом, изобарическом, изотермическом, адиабатическом.

3. Анализ условий равновесия и самопроизвольного протекания химической реакции. Связь стандартного изменения энергии Гиббса реакции с константой равновесия.

Задание 3

1. Шотландский ботаник Роберт Броун в 1827 г. был увлечен наблюдением с помощью микроскопа за движением частиц, взвешенных в воде. Для опытов он брал цветочную пыльцу, споры растений и даже измельченный кирпич. Укажите, для частиц каких из перечисленных веществ и при каких условиях он мог наблю-

дать броуновское движение. В чем его причина? Каким уравнением оно описывается? Что Вы можете сказать о скорости броуновского движения?

2. Ультрацентрифугирование, его применение для анализа дисперсных систем.

3. Получите уравнение, описывающее диффузионно-седиментационное равновесие. Для каких систем оно характерно? Для каких целей его применяют?

Задание 4

1. Осмотическое давление и его особенности в коллоидных системах. Предположите, как будет вести себя полиэлектролитный гель в растворе низкомолекулярного электролита.

2. Теория броуновского движения и ее значение для естествознания. Почему броуновское движение вечно? Может ли оно быть вращательным?

3. Опишите процедуру обработки данных седиментационного анализа. Не забудьте упомянуть уравнение Сведберга-Одена и пояснить, на какой стадии работы с седиментационной кривой оно применяется. Представьте графически результаты седиментационного анализа эмульсии до и после введения в нее дополнительного количества эмульгатора.

Приложение 3

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ

1. Изменение энтропии при нагревании 1 моля вещества А от температуры T_1 до температуры T_2 можно определить следующим образом:

а) $\Delta S = \Delta H / (T_2 - T_1)$ б) $\Delta S = C_p \ln(T_2 / T_1)$ в) $\Delta S = S^0(T_2 - T_1)$ г) все ответы неверны

2. Если процесс необратим, то:

а) $\Delta S \geq \Delta H$ б) $dS = dQ/T$ в) $\Delta S = 0$ г) $dS > \delta Q/T$ д) $dS < dQ/T$

3. Формула $TdS \geq dU + \delta A' + pdV$ выражает:

а) 1-й закон термодинамики б) 2-й закон термодинамики
в) объединенный 1-й и 2-й закон термодинамики г) 3-й закон термодинамики

4. Что понимают под удельной электропроводностью электролита?

Как зависит удельная электропроводность водного раствора сильного электролита от концентрации?

а) проходит через максимум б) проходит через минимум
в) не зависит г) падает и достигает предельной величины.

Нарисуйте соответствующий график зависимости.

5. Какая реакция протекает на катоде гальванического элемента?

а) восстановление б) окисление в) обе реакции протекают одновременно
г) в зависимости от условий может протекать как окисление, так и восстановление

6. Что является электродным потенциалом цинкового электрода? Запишите соответствующую цепь.

а) ЭДС элемента, составленного из данного электрода и каломельного

- б) ЭДС элемента, составленного из данного электрода и стандартного водородного
 в) ЭДС элемента, составленного из данного электрода и водородного электрода с активностью H^+ , равной 1
 г) ЭДС элемента, составленного из данного электрода и любого электрода, для которого активность потенциалопределяющего компонента в растворе равна 1

7. Запишите кинетическое уравнение реакции первого порядка типа $A \rightarrow B$, поясните смысл входящих в него параметров

а) $k_1 + k_2 = \frac{1}{t} \ln \frac{C_{OА}}{C_A}$ б) $-\frac{dC_A}{dt} = k_1$ в) $-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A$ г) $\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_B$

8. Что такое поверхностное натяжение? Зависит ли его величина от концентрации раствора? При добавлении к воде поверхностно-активных веществ поверхностное натяжение

- а) увеличивается
 б) уменьшается
 в) зависит от природы ПАВ (ионогенные или неионогенные)
 г) поверхностное натяжение определяется только температурой

9. По Ленгмюру величина адсорбции определяется:

- а) числом молей адсорбированного вещества в поверхностном слое, отнесенным к единице площади поверхности адсорбента
 б) избытком вещества в поверхностном слое по сравнению с объемной фазой, отнесенным к единице площади поверхности адсорбента
 в) максимальным количеством вещества, способным адсорбироваться на единице площади поверхности адсорбента при данной температуре

10. Интенсивность света, рассеянного при прохождении через коллоидную систему

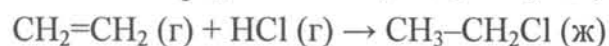
- а) не зависит от длины волны падающего света и пропорциональна интенсивности падающего света и концентрации коллоидного раствора
 б) обратно пропорциональна длине волны падающего света, интенсивности падающего света и прямо пропорциональна концентрации коллоидного раствора
 в) не зависит от длины волны падающего света, прямо пропорциональна концентрации коллоидного раствора и обратно пропорциональна радиусу частиц
 г) все ответы неверны

Приложение 4

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ДЛЯ РАСЧЕТНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Идеальный газ в количестве 4,5 моль расширяется в изотермическом обратимом процессе от давления 800652 до 241000 Па при температуре 135°C. Рассчитать Q , A , ΔU , ΔH данного процесса.

2. Определить ΔH^0 , ΔU^0 , ΔF^0 , ΔS^0 , ΔG^0 при 25°C для реакции:



на основании следующих данных

Вещество	$\Delta_f H^0_{298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль К)	$\Delta_f G^0_{298}$, кДж/моль
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (г)	52,30	219,45	68,14
HCl (г)	-92,31	186,79	-95,30
$\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl}$ (ж)	-164,60	161,34	-62,32

3. Ниже приведены результаты измерения среднеквадратичного сдвига частиц суспензии гуммигута в воде, полученные Перреном,

Время сдвига, с	30	60	90	120
Сдвиг, мкм	7,09	10,65	11,31	12,00

На основании этих результатов вычислите среднее значение числа Авогадро. Радиус частиц суспензии 0,212 мкм, температура опыта 290 К, вязкость среды $1,1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

4. Осмотическое давление гидрозоля золота (форма частиц сферическая) с концентрацией $2 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$ при 293 К равно 3,72 Па. Рассчитайте коэффициент диффузии частиц гидрозоля при тех же условиях, если плотность золота $19,4 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, а вязкость дисперсионной среды $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

5. Величина адсорбции красителя (ПАВ) из раствора может быть использована для оценки удельной поверхности порошков. При введении 1 г активного угля в 100 мл водного раствора метиленового голубого концентрация красителя изменяется от начальной $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л до конечной равновесной $6 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а при добавлении 2 г угля к такому же исходному раствору равновесная концентрация составила $4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Считая, что адсорбция описывается уравнением Ленгмюра, рассчитайте $s_{\text{уд}}$ угля. Площадь занимаемую молекулой красителя на поверхности, примите равной $0,65 \text{ нм}^2$.

Приложение 5

ПРИМЕРЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

БИЛЕТ № 1

1. Предмет, задачи и методы исследования физической химии. Основные понятия термодинамики: система, типы систем, термодинамические параметры, функции состояния и процесса. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы.
2. Электродный потенциал. Стандартный электродный потенциал. Нормальный водородный электрод. Электроды сравнения. Уравнение Нернста для электродного потенциала.
3. Кинетика гетерогенных химических процессов.
4. Температурная зависимость давления насыщенного пара метаналя выражается следующими уравнениями: $\lg P_{\text{тврд.}} = 14,25 - 2150/T$, $\lg P_{\text{жидк.}} = 5,10 - 1256/T$. Рассчитать для энтальпию испарения, энтальпию сублимации, координаты тройной точки, энтальпию плавления в тройной точке.

БИЛЕТ № 2

1. Определение, основные понятия, объекты и цели изучения коллоидной химии. Причины возникновения поверхностных явлений в дисперсных системах.
2. Седиментация в дисперсных системах: в гравитационном и центробежном полях. Устройство ультрацентрифуги. Седиментационный анализ суспензий.
3. Основы реологии. Реологические модели: упругость, вязкость, пластичность. Описание реологического поведения дисперсных систем на основе моделей Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова.
4. Гемоглобин крови человека имеет коэффициент седиментации 4,48 Сб и коэффициент диффузии $6,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ в водном растворе при 20 °С. Плотность гемоглобина $1,34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$. Чему равна молекулярная масса частицы гемоглобина?

Приложение 6

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ*Раздел «Физическая химия»*

1. Определение теплоты растворения соли.
2. Определение молекулярной массы криоскопическим методом.
3. Определение теплоты ионизации воды.
4. Определение теплоты образования кристаллогидратов.
5. Определение давления насыщенного пара индивидуальной жидкости.
6. Определение давления паров и теплоты сублимации.
7. Исследование кристаллизации легкоплавких систем методом термического анализа.
8. Определение константы равновесия реакции.
9. Определение электропроводности электролитов.
10. Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов.
11. Определение растворимости малорастворимых соединений.
12. Определение зависимости ЭДС от температуры
13. Определение рН буферного раствора.
14. Определение порядка реакции.
15. Определение константы скорости реакции.
16. Изучение кинетики каталитических реакций;

Раздел «Коллоидная химия»

1. Методы оценки поверхностного натяжения на границе жидкость-газ и жидкость-жидкость.
2. Седиментационный анализ.
3. Методы получения и очистки дисперсных систем.
4. Определение удельной поверхности адсорбентов.
5. Определение порога электролитной коагуляции зелей, взаимная коагуляция зелей.
6. Определение электрокинетического потенциала.

7. Определение концентрации золя нефелометрическим методом.
8. Определение изоэлектрической точки растворов белков.
9. Исследование кинетики набухания желатина в водных растворах с различными рН.
10. Синтез нанодисперсных систем.
11. Очистка загрязненных сточных вод.

Приложение 7

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел «Физическая химия»

1. Первый закон термодинамики. Основные понятия. Температура. Внутренняя энергия, работа, теплота. Формулировка I закона термодинамики и применение его к различным процессам. Закон Гесса.
2. Второй закон термодинамики. Формулировка II закона термодинамики. Энтропия. Энтропия различных процессов
3. Термодинамические свойства многокомпонентных систем. Химический потенциал. Термодинамика смесей идеальных газов. Идеальные смеси жидкостей. Законы Рауля и Генри.
4. Коллигативные свойства растворов. Растворимость газов в жидкостях. Понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов. Осмотическое давление растворов. Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями. Экстракция.
5. Термодинамика системы с химической реакцией. Химическая переменная. Условия химического равновесия. Константа равновесия.
6. Энергия Гиббса химической реакции. Влияние температуры и давления на химическое равновесие. Гетерогенное химическое равновесие. Расчет константы равновесия и определение направления химической реакции.
7. Химическая кинетика. Скорость химической реакции и основной постулат химической кинетики. Простые и сложные реакции, их формальная кинетика.
8. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация и ее причины. Термодинамическая и электростатическая теории растворов электролитов.
9. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и молярная электропроводность. Подвижность и числа переноса ионов. Влияние концентрации и температуры на электропроводность.
10. Термодинамика электрохимических процессов. Условия электрохимического равновесия. Равновесный и стандартный электродный потенциал. Типы электродов. Химические источники тока.

Контрольные работы по разделу «Физическая химия»:

1. Уравнения состояния идеальных и реальных газов. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Расчет энтропии в различных процессах.
2. Растворы. Химические равновесия.
3. Кинетика простых реакций в статических условиях. Зависимость скорости реакции от температуры. Кинетические особенности реакций различных типов.
4. Неравновесные явления в растворах электролитов. Электродные равновесия. Термодинамика электрохимических цепей.

Раздел «Коллоидная химия»

1. Лиофильные коллоидные системы. Условия образования и термодинамическая стабильность лиофильных коллоидных систем. Критические эмульсии как лиофильные коллоидные системы. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования. Строение мицелл. Критическая концентрация мицеллообразования. Солюбилизация в растворах мицеллообразующих ПАВ. Микроэмульсии. Растворы полимеров как коллоидные системы.
2. Коллоидно-химические основы охраны природной среды. Общая характеристика методов очистки воды с позиций седиментационной и агрегативной устойчивости. Механические методы разрушения дисперсий. Применение ортокINETической гетерокоагуляции (микрофлотация и фильтрование). Обратный осмос и динамические мембраны. Методы разрушения аэрозолей.
3. Основы физико-химической механики дисперсных систем. Реология как метод исследования структуры дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии. Моделирование реологических свойств тел. Модели Максвелла, Кельвина, Бингама. классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам конденсационно-кристаллизационные и коагуляционные структуры. Классификация тел, основанная на их реологических свойствах. Структурообразование в дисперсных системах. Гели. Реологические свойства дисперсных систем: свободно-дисперсных, структурированных жидко- и твердообразных.

Контрольные работы по разделу «Коллоидная химия»:

1. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем: броуновское движение, седиментация, диффузия, осмос.
2. Поверхностное натяжение. Адсорбция на различных границах раздела фаз.