

**УМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПАВЛА ТЫЧИНЫ**

Галушко С.Н.

**ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ
ХИМИЯ**

ПРАКТИКУМ

Умань – 2017

УДК 539.1
ББК 28.072
Г-50

С. Н. Галушко. Физическая и коллоидная химия: Практикум:
Учебное пособие. (1-ое изд.) – Умань: АЛМИ, 2017. - 70 с.

Рецензенты:

**В.П. Казимиров, доктор химических наук, профессор Киевского
национального университета имени Тараса Шевченко**

**В.Ф. Валюк, кандидат химических наук, доцент Уманского
государственного педагогического университета имени Павла
Тычины**

Практикум содержит лабораторные занятия по основным разделам курса физической и коллоидной химии, задания для самостоятельной и индивидуальной работы. По каждой теме предложены контрольные вопросы и упражнения. Предназначен для студентов педагогических университетов образовательно-квалификационного уровня бакалавр.

*Рекомендовано к печати решением ученого совета Уманского
государственного педагогического университета имени Павла
Тычины (протокол № 1 от 28 августа 2017).*

© Галушко С.Н.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курс физической и коллоидной химии при формировании будущих учителей химии предназначен обеспечить необходимую теоретическую основу для успешного изучения специальных дисциплин.

Учебное пособие представляет собой часть учебно-методического комплекса по физической и коллоидной химии и является руководством к проведению лабораторных и семинарских занятий для студентов. В пособие вошли программа по физической и коллоидной химии, лабораторные работы, задания для самостоятельной и индивидуальной работы.

Лабораторные работы содержат краткие теоретические сведения, принцип метода, перечень основных материалов, реактивов и оборудования, подробное описание хода работы и предполагаемых результатов.

В учебном пособии выделены разделы-модули, которые должны последовательно усваиваться студентами.

После изучения курса студенты должны:

Знать: основные законы физической и коллоидной химии, возможности использования физико-химических методов для управления технологическими процессами и для анализа различных веществ.

Уметь: использовать методы физической и коллоидной химии для решения технологических задач, пользоваться оборудованием и приборами лаборатории физической и коллоидной химии, обрабатывать результаты эксперимента и делать выводы из этого.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Содержательный модуль 1. Химическая термодинамика

Тема 1. Предмет, задачи и методы физической химии

Предмет и методы физической химии. Основные разделы курса. Термодинамические, кинетические, статистические методы изучения химических процессов. Методы квантовой механики и методы изучения строения вещества в физической химии. История развития физической химии.

Тема 2. Агрегатное состояние вещества, его характеристика

Агрегатное состояние вещества. Законы состояния идеальных и реальных газов. Молекулярно - кинетическая теория газов. Жидкости. Их свойства: вязкость, диффузия. Твердое состояние. Типы кристаллических решеток: ионная, атомная, молекулярная, металлическая.

Тема 3. Основы химической термодинамики

Предмет химической термодинамики. Основные понятия. Классификация систем и процессов. Первый закон термодинамики. Теплота и работа. Работа при различных процессах в газовых системах. Теплота при различных процессах. Энтальпия. Основы термохимии. Закон Гесса и следствия из него.

Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении (C_p) и при постоянном объеме (C_v). Связь между ними. Зависимость теплоемкости различных веществ от температуры. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

Термодинамическая обратимость процессов. Максимальная работа, энергетический и вероятностный факторы самопроизвольного направления процессов. Понятие об энтропии. Второй закон термодинамики.

Термодинамические потенциалы. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал. Направление процессов. Дифференциалы термодинамических функций.

Тема 4. Химическое равновесие

Химическое равновесие. Его количественная характеристика, связь с термодинамическими потенциалами. Изотерма химической

реакции. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Принцип Ле–Шателье.

Равновесие в реальных системах. Летучесть и активность. Методы расчетов летучести и активности. Примеры экспериментального их определения.

Содержательный модуль 2. Растворы

Тема 1. Фазовые равновесия и растворы неэлектролитов

Фазы и компоненты системы. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Вариантность систем. Диаграмма состояния воды, физический смысл ее элементов. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса, его анализ.

Растворы, их природа и способы выражения концентраций. Термодинамика процесса растворения. Фазовое равновесие раствор – насыщенный пар. Закон Рауля и его следствия. Кипение и замерзание растворов. Природа эбулиоскопической и криоскопической констант. Осмотическое давление растворов. Коллигативные свойства.

Растворение газов в жидкостях. Закон Генри и Сеченова. Жидкие растворы с неограниченной растворимостью компонентов. Идеальные и неидеальные растворы. Причины отклонения от закона Рауля. Диаграмма давления и диаграммы кипения. Связь между составом пара и составом раствора, находящихся в равновесии. Законы Коновалова. Правило рычага. Фракционная перегонка. Ректификация.

Ограниченно растворимые жидкости. Взаимно нерастворимые жидкости. Экстракция. Перегонка с водяным паром.

Тема 2. Растворы электролитов

Коллигативные свойства растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации. Степень и константа диссоциации. Изотонический коэффициент. Теория сильных электролитов Дебая – Хюккеля. Активность, ионная сила растворов, коэффициент активности.

Диссоциация воды. Водородный и гидроксильный показатель. Ионное произведение воды. Протолитическая теория кислот и оснований. Концентрация ионов гидроксония в различных системах. Буферные растворы. Буферная емкость. Гидролиз с точки зрения протолитической теории.

Электропроводность растворов. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Кондуктометрия и ее практическое использование.

Тема 3. Электрохимия

Общая характеристика электрохимических процессов, электродный потенциал. Трансформация химической энергии в электрическую. Уравнение Нернста. Типы потенциалов. Гальванические элементы. Обозначения электродов и элементов. Типы электродов. Потенциометрия.

Содержательный модуль 3. Химическая кинетика и катализ

Тема 1. Основы химической кинетики

Предмет химической кинетики. Кинетическая классификация реакций. Молекулярность реакции. Скорость реакции, факторы, на нее влияющие. Закон действующих масс. Порядок реакции. Методы определения порядков и констант скорости реакций.

Реакции первого и второго порядков. Период полуреакции. Типы зависимости скорости реакции от температуры. Правило Вант – Гоффа. Уравнения Аррениуса. Механизм гомогенных химических реакций и кинетические теории.

Тема 2. Катализ, типы катализа

Катализ. Типы катализаторов. Гомогенный катализ. Механизм катализа. Гетерогенный катализ. Ферментативный катализ.

Содержательный модуль 4. Предмет коллоидной химии. Классификация поверхностных явлений. Классификация дисперсных систем. Получение и очистка коллоидных систем

Тема 1. Предмет коллоидной химии. Признаки объектов коллоидной химии

Предмет коллоидной химии. Признаки объектов коллоидной химии. Классификация поверхностных явлений. Дисперсность. Степень дисперсности. Удельная поверхность. Дифференциальные и интегральные кривые распределения частиц по размерам. Классификация дисперсных систем.

Тема 2. Дисперсность и термодинамические свойства. Свойства дисперсных систем, которые определяются кривизной поверхности

Влияние дисперсности на внутреннее давление тел. Уравнения Лапласа. Поверхностная энергия и равновесные формы тел. Закон Вульфа. Капиллярные явления. Зависимость термодинамического реакционной способности от дисперсности. Влияние дисперсности на температуру фазового перехода.

Тема 3. Получение и очистка коллоидных систем

Получение и очистка дисперсных систем. Общая характеристика коллоидных систем. Конденсационные и диспергационные методы их получения. Методы очистки коллоидных растворов.

Содержательный модуль 5. Свойства дисперсных систем, которые определяются поверхностью раздела фаз

Тема 1. Адсорбция

Поверхностные явления и адсорбция. Поверхность раздела фаз. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Поверхностная энтальпия и энтропия. Зависимость поверхностного натяжения от различных факторов (температуры, природы фазосоздающих веществ, растворенных веществ). Явления, которые уменьшают поверхность раздела. Поверхностное давление. Адгезия и смачивание. Растекание. Капиллярные явления.

Адсорбция на поверхности жидкости. Геометрические параметры адсорбата. Примеры применения адсорбционного уравнения Гиббса. Поверхностная активность. Правило Дюкло–Траубе. Энергетические параметры адсорбции. Зависимость адсорбции от концентрации ПАВ. Уравнение Ленгмюра, его параметры. Следствия из уравнений Гиббса и Ленгмюра. Уравнения Шишковского.

Адсорбция на границе двух жидкостей, которые не смешиваются. Адсорбция твердым адсорбентом (на границе с газом или раствором). Теория мономолекулярной адсорбции и теория БЭТ. Адсорбция электролитов. Выборочная адсорбция, правило Панета–Фаянса – Гана. Ионообменная адсорбция. Хроматография.

Тема 2. Оптические, молекулярно–кинетические, электрокинетические и структурно - механические свойства дисперсных систем. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем

Оптические свойства (эффект Тиндаля, закон Рэлея). Оптические методы исследования дисперсных систем.

Молекулярно–кинетические свойства коллоидных систем. Броуновское движение. Диффузия. Седиментация. Диффузионно-седиментационное равновесие. Седиментационный анализ. Осмотическое давление. Мембранное равновесие Донана.

Адсорбционный и диссоциационный механизм образования двойного электрического слоя. Заряды и потенциалы слоя. Электрокинетические явления в дисперсных системах (электрофорез, электроосмос, потенциал протекания и потенциал осаждения).

Строение мицеллы. Использование электрокинетических явлений для исследования коллоидных систем и в технологических процессах.

Виды устойчивости дисперсных систем (седиментационная и агрегативная). Термодинамически и кинетически устойчивые дисперсные системы. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем (электростатический адсорбционно – сольватный, энтропийный, структурно – механический, гидродинамический).

Коагуляция гидрофобных золь. Влияние электролитов. Правило Шульце - Гарди. Кинетика коагуляции. Порог коагуляции. Гетерокоагуляция (взаимная коагуляция золь, флокуляция, флотация, гетерокоагуляция). Коагуляция смесью электролитов. Явление привыкания золь. Защитное действие высокомолекулярных веществ.

Содержательный модуль 6. Грубодисперсные и микрогетерогенные системы. Физико-химические свойства растворов ВМС

Тема 1. Грубодисперсные и микрогетерогенные системы. Системы с произвольным мицеллообразованием

Грубодисперсные и микрогетерогенные системы. Эмульсии. Классификация эмульсий по природе фаз и концентрацией дисперсной фазы. Определение типа эмульсии. Свойства эмульсий. Способы получения эмульсий. Эмульгаторы. Вращения фаз эмульсий. Разрушение эмульсий. Практическое значение.

Суспензии. Их практическое значение.

Пены. Общая характеристика. Пенообразователи. Способы образования и разрушения. Кратность пены. Определение устойчивости пены.

Аэрозоли. Классификация, получение, разрушения аэрозолей. Их значение.

Порошки, их свойства и значение. Связнодисперсные системы.

Системы с произвольным мицеллообразованием.

Классификация и характеристика поверхностно-активных веществ (ПАВ). Растворимые и коллоидные ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Термодинамика и механизм мицеллообразования. Влияние различных факторов на ККМ. Использование ПАВ.

Тема 2. Физико - химические свойства растворов ВМС

Классификация ВМС. Природные и синтетические ВМС, их значения и свойства. Получение и очистка дисперсных систем и растворов полимеров.

Набухание ВМС. Степень набухания. Факторы, влияющие на набухание. Изоэлектрическая точка белка и способы ее определения. Старение гелей. Значение процессов набухания и старения гелей. Вязкость растворов ВМС. Коллоидно - осмотическое давление в растворах ВМС.

ОПИСАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»

Курс: подготовка бакалавров	Направление, специальность	Характеристика учебной дисциплины
<p>Количество кредитов, относительно ЕКТС: 12</p> <p>Количество модулей: 6</p> <p>Общее количество часов: 360</p>	<p>Область знаний: 0401 Естественные науки Направление подготовки: 6.040101Химия Специализация: информатика</p> <p>Образовательный уровень: Бакалавр</p>	<p>Обязательная Семестр: 5,6</p> <p>Лекции (теоретическая подготовка): 56 час.</p> <p>Лабораторные работы: 84 час.</p> <p>Самостоятельная работа: 220 час.</p> <p>Вид контроля: 5 семестр – зачет, 6 семестр – экзамен</p>

**СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»**

Название тем	Количество часов					
	всего	в том числе				
		л	пр.	лаб.	инд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Содержательный модуль 1. Химическая термодинамика						
Тема 1. Предмет, задачи и методы физической химии.	6	2				4
Тема 2. Агрегатное состояние вещества, его характеристика	14	2		4		8
Тема 3. Основы химической термодинамики	32	8		8		16
Тема 4. Химическое равновесие	18	2		8		8
Содержательный модуль 2. Растворы						
Тема 1. Фазовые равновесия и растворы неэлектролитов	22	6		4		12
Тема 2. Растворы электролитов	16	4		4		8
Тема 3. Электрохимия	22	4		8		10
Содержательный модуль 3. Химическая кинетика и катализ						
Тема 1. Основы химической кинетики	28	4		8		16
Тема 2. Катализ, типы катализа	22	2		4		16
Содержательный модуль 4. Предмет коллоидной химии. Признаки объектов коллоидной химии						
Тема 1. Предмет коллоидной химии. Признаки объектов коллоидной химии	24	4		4		16
Тема 2. Дисперсность и термодинамические свойства.	18	2		4		12

Тема 3. Получение и очистка коллоидных систем	18	2		4		12
Содержательный модуль 5. Свойства дисперсных систем, которые определяются поверхностью раздела фаз						
Тема 1. Адсорбция	28	4		4		20
Тема 2. Оптические, молекулярно–кинетические, электрокинетические и структурно - механические свойства дисперсных систем. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем	32	4		8		20
Содержательный модуль 6. Грубодисперсные и микрогетерогенные системы. Физико-химические свойства растворов ВМС						
Тема 1. Грубодисперсные и микрогетерогенные системы. Системы с произвольным мицеллообразованием	34	4		8		22
Тема 2. Физико - химические свойства растворов ВМС	26	2		4		20
Всего часов	360	56		84		220

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Содержательный модуль 1. Химическая термодинамика

1.	Газовые законы. Агрегатное состояние веществ. Семинар.	4 час.
2.	Основные понятия химической термодинамики. Семинар.	8 час.
3.	Химическое равновесие. Семинар.	8 час.

Содержательный модуль 2. Растворы

4.	Определение активности йода методом распределения. Лабораторная работа.	4 час.
5.	Определение степени и константы диссоциации слабого электролита методом измерения электропроводности растворов. Лабораторная работа.	4 час.
6.	Растворы сильных электролитов. Активность растворов. Свойства растворов сильных электролитов. Семинар.	4 час.
7.	Электрохимия. Семинар.	4 час.

Содержательный модуль 3. Кинетика и катализ

8.	Изучение кинетики инверсии сахара. Лабораторная работа.	4 час.
9.	Химическая кинетика и катализ. Семинар.	8 час.

Содержательный модуль 4

10.	Определение размера частиц «белых золь» оптическим методом. Лабораторная работа.	4 час.
11.	Определение краевого угла смачивания листьев растений водой и водными растворами ПАВ. Лабораторная работа.	4 час.
12.	Коллоидные растворы и их свойства. Семинар.	4 час.

Содержательный модуль 5

13.	Адсорбция уксусной кислоте на угле. Лабораторная работа.	4 час.
14.	Разделение пигментов хлорофилла методом адсорбционной хроматографии. Лабораторная работа.	2 час.

15.	Изучение коагуляции коллоидных растворов электролитами. Лабораторная работа.	4 час.
-----	--	--------

Содержательный модуль 6

16.	Определение изоэлектрической точки белка. Лабораторная работа.	4 час.
17.	Изучение кинетики ограниченного набухания полимеров. Лабораторная работа.	4 час.
18.	Физико-химические свойства растворов ВМС. Семинар.	4 час.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И МЕРЫ ПО ОКАЗАНИЮ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

К практическим занятиям в химической лаборатории студенты допускаются только после детального инструктажа по технике безопасности и пожарной безопасности.

Каждый работник в лаборатории должен знать место размещения средств пожаротушения и уметь ими пользоваться, знать, где находится аптечка, и уметь оказать первую медицинскую помощь при различных травмах. В химической лаборатории при выполнении экспериментальной работы должны находиться не менее двух человек.

К выполнению экспериментальной части приступают только после тщательного ознакомления с химической посудой, техникой выполнения опытов, свойствами и назначением используемых реагентов и растворителей, а также правилами работы с электро- и газонагревательными приборами.

На рабочем месте должны находиться только необходимые реактивы, приборы и тетрадь для записи результатов работы.

Перед использованием стеклянной и фарфоровой посуды проверяют его чистоту и целостность. Запрещается работать с посудой, имеющей отколы, трещины, глубокие царапины.

Все операции с легковоспламеняющимися жидкостями, концентрированными кислотами и щелочами, опыты с образованием газообразных продуктов и работу с металлическим натрием следует проводить только в вытяжном шкафу, при необходимости пользуясь средствами индивидуальной защиты (маской, очками, противогазом, перчатками и т.д.). Запах вещества в пробирке или баллоне определяют, осторожно направляя пары к себе легким движением руки. Разведение кислот проводят доливанием кислоты к воде, а не наоборот! Сливать концентрированные кислоты и щелочи, органические растворители разрешается только в специальные стаканы для сливов. Нельзя допускать нагрева колб с легковоспламеняющимися жидкостями на открытом огне, следует избегать попадания воды на разогретые наружные поверхности стеклянных сосудов, аккуратно и бережно обращаться с лабораторной посудой и оборудованием.

Категорически запрещено нагревать вещества в герметически закупоренных сосудах (опасность взрыва!). Чтобы избежать выброса кипящей жидкости с реакционного сосуда, нагрев необходимо производить равномерно, предварительно поместив на дно сосуда 2-3 кипятильных камушки (кусочки пористого неорганического материала).

Нагрев пробирок с веществами следует проводить при периодическом встряхивании, отверстие пробирки должно быть направлено в сторону от себя и других работников.

Брать и переносить стаканы с веществами можно только охватив их сбоку, а не за горловину.

Нельзя оставлять без присмотра действующие лабораторные установки и включенные приборы.

В лаборатории категорически запрещается пить воду из химической посуды, принимать пищу, курить. По окончании работы необходимо тщательно вымыть и поставить сушиться посуду, расставить стаканы по местам, вытереть рабочую поверхность стола, закрыть газовые и водопроводные краны, выключить электроприборы и вытяжную вентиляцию.

В случае возникновения пожара в лаборатории нужно отключить газ, электроприборы, вытяжную вентиляцию и убрать все горючие вещества из зоны огня. Необходимо принять срочные меры для ликвидации огня, используя огнетушители, песок или асбестовое одеяло. Нельзя заливать пламя водой, потому что во многих случаях это приводит к расширению зоны пожара. Только растворимые в воде вещества (спирт, ацетон и др.) тушат водой. В случае возгорания одежды необходимо накинуть на пострадавшего халат, асбестовое одеяло, что находится на видном и доступном месте.

Оказания медицинской помощи пострадавшему - обязанность каждого! При оказании помощи сначала надо устранить причину травмы: отключить электросеть, погасить пламя, удалить из раны осколки или вещество, вызвавшее ожог, и т. д. Необходимо создать пострадавшему условия для удобного положения тела и оказать первую медицинскую помощь.

При порезах стеклом надо удалить пинцетом осколки и промыть рану 3%-ным раствором перекиси водорода. Кожу вокруг пореза смазать 5%-ным раствором йода и наложить стерильную повязку. При сильных кровотечениях пережать жгутом, прикрепив записку с точно указанным временем наложения и направить пострадавшего к врачу.

При термических ожогах I степени (покраснение) обожженные участки следует остудить проточной водой, а при более крупных и тяжелых ожогах до оказания квалифицированной медицинской помощи - наложить сухую асептическую повязку. Нельзя снимать с обожженного участка кожи остатки обгоревшей одежды.

При ожогах концентрированными кислотами пораженные участки кожи необходимо промывать водой в течение 10-15 мин, а затем обработать 2%-ным раствором натрия гидрокарбоната и снова промыть водой.

При ожогах концентрированными щелочами обожженный участок нужно промыть большим количеством воды затем - 1% -ным раствором уксусной кислоты.

При попадании кислот или щелочей в глаза их необходимо немедленно промыть водой в течение 10-15 мин, затем, в случае попадания кислоты - 2%-ным раствором натрия гидрокарбоната, а при попадании щелочи - изотоническим раствором натрия хлорида в течение 30-60 мин. После тщательного промывания глаз нужно обратиться к врачу.

При ожогах фенолом обожженный участок необходимо растереть глицерином до восстановления природного цвета кожи.

При отравлениях газообразными веществами вынести пострадавшего на свежий воздух, обеспечить ему абсолютный покой и вызвать врача.

При поражениях электричеством следует отключить силовую электросеть и, пользуясь деревянными или пластмассовыми предметами, освободить потерпевшего от контакта с электропроводкой. Необходимо обеспечить потерпевшему полный покой и привести его в чувство. В случае остановки дыхания или сердцебиения необходимо провести искусственное дыхание, непрямой массаж сердца и не прекращать эти операции до полного восстановления функций или до прибытия медицинских работников.

ЗАНЯТИЕ № 1

Семинар

Предмет, задачи и методы физической химии

Предмет и методы физической химии. Основные разделы курса. Термодинамические, кинетические, статистические методы изучения химических процессов. Методы квантовой механики и методы изучения строения вещества в физической химии. История развития физической химии.

ЗАНЯТИЕ № 2

Семинар

Агрегатное состояние вещества. Законы состояния идеальных и реальных газов

Газы. Общие понятия об агрегатном состоянии вещества. Основные газовые законы. Идеальный газ и идеальное состояние газа. Уравнение Клапейрона и Менделеева - Клапейрона. Газовая постоянная. Смеси газов. Парциальное давление. Закон Дальтона. Скорости молекул и распределение молекул по скоростям. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Дайте характеристику газообразного состояния вещества.
2. Что такое идеальный газ? Записать уравнения состояния идеального газа.
4. Указать основные параметры состояния вещества.
5. Сформулировать основные газовые законы.
6. Сформулировать основные положения молекулярно-кинетической теории газов.
7. Какие выводы можно сделать из основного уравнения кинетической теории газов?
8. Чем реальный газ отличается от идеального? Написать и раскрыть физический смысл уравнения Ван-дер-Ваальса.
9. Что такое критическое состояние газа?

ЗАНЯТИЕ № 3

Семинар

Основы химической термодинамики

Предмет химической термодинамики. Основные понятия. Классификация систем и процессов. Первый закон термодинамики. Теплота и работа. Работа при различных процессах в газовых системах. Теплота при различных процессах. Энтальпия. Основы термохимии. Закон Гесса и следствия из него.

Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении (C_p) и при постоянном объеме (C_v). Связь между ними. Зависимость теплоемкости различных веществ от температуры. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

Термодинамическая обратимость процессов. Максимальная работа, энергетический и вероятностный факторы самопроизвольного направления процессов. Понятие об энтропии. Второй закон термодинамики.

Термодинамические потенциалы. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал. Направление процессов. Дифференциалы термодинамических функций.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что такое термодинамика и какие явления она изучает? Что является предметом химической термодинамики?
2. Что такое система? Приведите примеры. Дайте определение и приведите примеры термодинамических процессов: изотермического, изобарической, изохорного и адиабатического.
3. Что такое внутренняя энергия системы и из чего она состоит? Что такое кинетическая и потенциальная энергия? Почему внутренняя энергия идеального газа состоит только из кинетической энергии его молекул?
4. Почему термодинамика рассматривает не абсолютные значения внутренней энергии, а лишь ее изменение?
5. Что такое энтальпия и какова ее связь с внутренней энергией? Почему для конденсированных систем разница между энтальпией и внутренней энергией мала, а для систем газообразных значительная?
6. Каковы возможные способы передачи энергии от одной системы к другой? Что такое теплота и работа? Можно ли сказать: "сколько теплоты содержится в стакане горячей воды?"

7. Приведите несколько формулировок первого закона термодинамики и покажите, что они не противоречат одна другой, запишите его аналитическое выражение.
8. Напишите уравнения, выражающие максимальную работу расширения идеального газа при изотермическом, изобарическом, изохорном и адиабатическом процессе.
9. Что называется тепловым эффектом химической реакции? Применяя математическое выражение первого закона термодинамики, покажите, что тепловой эффект при постоянном давлении есть изменение энтальпии, а тепловой эффект при постоянном объеме - изменение внутренней энергии химической реакции.
10. Сформулируйте закон Гесса и следствия, которые из него вытекают. Какое значение этого закона?
11. Какие уравнения называют термохимическими? Чем они отличаются от обычных?
12. Какие химические реакции называют экзотермическими и эндотермическими? Привести примеры.
13. Какими параметрами определяется стандартное состояние вещества.
14. Дайте определение понятиям: "теплота образования", "теплота нейтрализации". Чем объяснить постоянство теплот нейтрализации сильной кислоты сильным основанием?
15. Что такое теплоемкость удельная, атомная, молярная (мольная)? Какая существует связь между мольной теплоемкостью при постоянном давлении и при постоянном объеме?
16. Как зависит тепловой эффект химической реакции от температуры? Напишите математическое выражение закона Кирхгофа.
17. Что такое самопроизвольные и несамопроизвольные, обратимые и необратимые процессы.
18. Приведите несколько формулировок второго закона термодинамики и запишите его математическое выражение. Что такое к.п.д? Почему он всегда бывает меньше единицы?
19. В чем заключается значение второго закона термодинамики для физической химии и химической технологии?
20. Что такое свободная и связанная энергии? Что такое энтропия?
21. Почему энтропия системы всегда больше нуля? Напишите уравнение изменения энтропии для обратимых и необратимых процессов?

22. В чем заключается физический смысл изобарно-изотермического и изохорно-изотермического потенциалов? Напишите уравнения, которое показывает связь между термодинамическими потенциалами и другими термодинамическими функциями.

23. Как с помощью изменения термодинамических потенциалов можно определить направление процесса?

24. Что такое химический потенциал?

ЗАНЯТИЕ № 4

Семинар

Химическое равновесие

Химическое равновесие. Его количественная характеристика. Связь с термодинамическими потенциалами. Гомогенные и гетерогенные равновесия. Химическое сродство и его характеристика по изменению изохорно-изотермического и изобарно-изотермического потенциалов. Закон действующих масс. Изотерма химической реакции. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Принцип Ле-Шателье.

Равновесие в реальных системах. Летучесть и активность. Метод расчетов летучести и активности. Примеры экспериментального их определения.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Какие реакции называют обратными? Когда и при каких условиях наступает состояние химического равновесия?

2. Как формулируется закон действующих масс? Каково его значение?

3. Запишите уравнение для констант K_p и K_c и уравнения для соотношения этих констант.

4. Запишите уравнения изотермы химической реакции и укажите какие величины в него входят.

5. Какая зависимость константы равновесия от температуры? Запишите уравнение изобары и изохоры.

6. Дайте определение принципа подвижного равновесия и покажите применение этого принципа на конкретных примерах.

7. Какие особенности химического равновесия в гетерогенных реакциях?

ЗАНЯТИЕ № 5

Лабораторная работа. Определение активности йода методом распределения

В неидеальных растворах давление нужно заменять фугитивностью (летучестью), а концентрацию – активностью. Активность компонентов является мерой реального взаимодействия веществ в растворе в равновесном состоянии. Активность можно назвать эффективной концентрацией вещества, подставляя которую в уравнения для идеальных растворов, делаем эти уравнения справедливыми для реальных растворов.

Известно ряд экспериментальных методов определения активностей компонентов. В данной работе используется один из них, основанный на изучении коэффициента распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями: $K = \frac{a_{орг}}{a_{H_2O}}$.

Коэффициент распределения K определяют из граничных условий. Поскольку при безграничном разведении: $a_{орг} = C_{орг}$ и $a_{H_2O} = C_2$, то $K = C_{орг}/C_2$.

Порядок работы

I вариант. Готовят по 50 мл 4-5 водных растворов йода (исходным является 0,1 н раствор йода в воде). Пипеткой отбирают 20 мл каждого раствора и помещают в колбы емкостью 100 мл. Туда же добавляют по 20 мл органического растворителя, указанного преподавателем. Колбы помещают в аппарат для встряхивания на 30-40 мин. В это время необходимо точно определить концентрации йода в исходных растворах. Для этого отбирают в три колбы пробы по 5 мл приготовленных растворов и титруют раствором тиосульфата натрия (0,05 или 0,01н) в присутствии крахмала (C_1).

По окончании встряхивания содержимое колб переливают в делительные воронки и через 10-15 мин отделяют водную фазу от неводной. Содержание йода в водном слое определяют так, как раньше, но для титрования используют более разведенный раствор тиосульфата (0,001н) (C_2). Концентрацию йода в органической фазе вычисляют по уравнению:

$$C_{орг} = C_1 - C_2,$$

где C_1 и C_2 - концентрация йода до и после распределения.

Коэффициент распределения йода определяют для очень разбавленных растворов по уравнению: $K = \frac{C_{орг}}{C_{H_2O}}$.

Для более концентрированных растворов йода вместо $C_{орг}$ надо брать активность $a_{орг}$, поскольку водные растворы остаются очень разбавленными. В связи с этим активность йода в органической фазе вычисляют по уравнению:

$$a_{орг} = K C_2$$

Все исходные и конечные результаты записывают в таблицу. На основе полученных данных строят график зависимости активности йода в органической фазе от концентрации.

Полученное значение коэффициента распределения сравнивают с литературными данными (например: «Краткий химический справочник.- Л.: Химия, 1991»).

Таблица 1

Экспериментальные и расчетные данные по распределению йода

Концентрация йода в водной фазе					
до распределения			после распределения		
Объем пробы	Объем раствора титранта	Концентрация в пробе	Объем пробы	Объем раствора титранта	Концентрация в пробе
	V_1^I	C_1^I		V_2^I	C_2^I
	V_1^{II}	C_1^{II}		V_2^{II}	C_2^{II}
	V_1^{III}	C_1^{III}		V_2^{III}	C_2^{III}
	V_1^{IV}	C_1^{IV}		V_2^{IV}	C_2^{IV}
	V_1^V	C_1^V		V_2^V	C_2^V
		$C_1(ср)$			$C_2(ср)$

II вариант. Поскольку растворы йода окрашенные, то в процессе выполнения работы можно определять их оптическую плотность на приборе ФЭК. Пересчет полученных значений оптической плотности D на концентрацию йода осуществляется с помощью калибровочного графика, построенного в координатах $D - C$.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что называют раствором?
2. Какие существуют типы растворов?
3. Чем отличаются жидкие растворы от химических соединений и механических смесей?
4. В каких единицах выражают концентрацию растворов?
5. Какие взаимодействия между молекулами растворителя и растворенного вещества?
6. В чем суть физической и химической теории растворов?
7. Какими термодинамическими условиями можно оценить возможность образования раствора?
8. Что такое насыщенный водяной пар? Что такое давление насыщенного пара? Что такое парциальное давление?
9. Сформулируйте закон Рауля и запишите его в виде математического уравнения.
10. Чем отличается реальный раствор от идеального?
11. Что такое криоскопия и эбуллиоскопия?
12. Дать определение понятия осмоса и сформулировать основной закон осмотического давления.
13. Объяснить различие в свойствах идеальных и реальных растворов.
14. Сформулируйте законы Коновалова.
15. Раскройте влияние температуры на процесс растворения веществ.
16. В чем специфика растворения газов в жидкостях? Закон Генри.

ЗАНЯТИЕ № 6

Лабораторная работа. Определение степени и константы диссоциации слабого электролита методом измерения электропроводности растворов

Электролиты – это вещества, которые диссоциируют в растворах на ионы. Ионы под действием электрического поля направлены движутся. Способность проводить электрический ток характеризуется сопротивлением и электропроводностью. Сопротивление проводника R (Ом) пропорционально длине l (см) и обратно пропорционально поперечному сечению S (см²)

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Коэффициент пропорциональности ρ (Ом·см), равный сопротивлению проводника при $l = 1$ см и $S = 1$ см², называется удельным сопротивлением.

Электропроводность – величина, обратная сопротивлению

$$\omega = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho l} = \frac{\chi S}{l},$$

Значение χ , обратное удельному сопротивлению, называется удельной электропроводностью и представляет собой электропроводность единичного объема раствора (1 см³), который расположен между параллельными электродами единичной площади (1 см²), которые находятся на расстоянии 1 см.

Отношение удельной электропроводности и концентрации электролита (в 1 см³) называют молярной электропроводностью μ . Она равна электропроводности раствора, содержащего 1 моль электролита, который расположен между параллельными электродами, что находятся на расстоянии 1 см друг от друга и имеют площадь равную 1 см²:

$$\mu = \frac{1000\chi}{C},$$

Часто пользуются эквивалентной электропроводностью

$$\lambda = \frac{1000\chi}{C^1},$$

где C^1 – эквивалентная концентрация.

Отношение λ и ее предельного значения λ_0 (эквивалентная электропроводность при бесконечном разведении) определяет степень диссоциации слабого электролита (α):

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_0},$$

Степень диссоциации слабых электролитов зависит от концентрации и представляет собой отношение количества молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул. В концентрированных растворах $\alpha \ll 1$.

Основываясь на законе действующих масс, в соответствии с уравнением реакции диссоциации одноосновной кислоты

$\text{RCOOH} = \text{RCOO}^- + \text{H}^+$, константа диссоциации имеет вид:

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{RCOO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{RCOOH}]}.$$

Пусть степень диссоциации равна α . Если концентрация кислоты в растворе равна C , то концентрации катиона и аниона равна αC , а концентрация недиссоциированной части $(1-\alpha) C$. Поэтому

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1-\alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{(1-\alpha)} = \frac{\lambda^2 C}{\lambda_0(\lambda_0 - \lambda)},$$

Практически электропроводность растворов электролитов определяют по данным результатов измерения их электрического сопротивления. Одна из основных трудностей при этом состоит в том, что в измеренную величину сопротивления раствора включается величина поляризационного сопротивления, возникающего на границе электрод – электролит. Чтобы устранить поляризационное сопротивление при измерении, применяют переменный ток частотой 1000-3000 Гц. В том случае, когда не требуется особая точность, например при измерении электропроводности для аналитических целей (кондуктометрический анализ) или технических целей, можно применить переменный ток промышленной частоты – 50 Гц.

Для измерения электропроводности применяют схему (мостик) Уитстона (рис.).

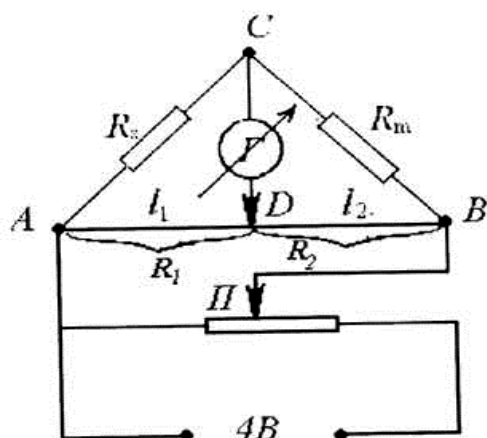


Рис. Схема мостика Уитстона

AB – реохорд;

D – передвигной контакт;

Г – нуль-инструмент;

l_1, l_2 – плечи мостика;

R_M – магазин сопротивлений;

R_x – сосуд с раствором

электролита

Четыре ветви мостика AC, CB, AD и DB имеют соответственно электрические сопротивления R_x, R_M, R_1 и R_2 . Источник переменного тока соединены с точками A и B, а прибор для обнаружения тока (нуль-инструмент) Г соединен с точками C и D.

Проследим путь тока от источника. Ток идет к точки A и разветвляется в направлениях к точкам C и D, далее через точку B возвращается к источнику.

Измерение электропроводности раствора электролита основывается на нахождении величины его сопротивления электрическому току методом компенсации, то есть сравнением неизвестного сопротивления с известным. Для этого с помощью

передвижного контакта D находят такое его положение, при котором ток через диагональ мостика CD не идет. Это происходит при равенстве потенциалов в точках C и D. По закону Кирхгофа:

$$\frac{R_x}{R_M} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}; \quad R_x = R_M \frac{l_1}{l_2}.$$

Если известны величины трех сопротивлений, то из равенства легко узнать величину четвертого сопротивления. Именно на этом и основывается применение мостика Уитстона.

Для определения электропроводности раствора измеряют неизвестное сопротивление R_x электролита, который содержится в электролитической ячейке. С помощью магазина сопротивлений задают определенное сопротивление R_M , R_1 и R_2 выбирают так, чтобы они были одного порядка с определяемым сопротивлением. Размер последнего должен быть в пределах 1000-50000 Ом.

Общее сопротивление раствора R_x пропорционально расстоянию между электродами L и обратно пропорционально их площади S :

$$R_x = \frac{\beta \rho L}{S},$$

Если в процессе измерений β , ρ и L остаются постоянными, то

$$\chi = \frac{1}{\rho} = \frac{k}{R_x},$$

где $k = \frac{\beta L}{S}$ - постоянная сосуда.

Порядок работы

Для определения постоянной сосуда необходимо измерить сопротивление R стандартных растворов электролитов. Как правило, это 0,5 или 0,02н раствор KCl. Значения удельной электропроводности растворов KCl при различных температурах приведены в справочниках.

В сосуд для измерения электропроводности наливают раствор 0,02н KCl, предварительно промыв его дистиллированной водой и два-три раза раствором KCl.

Уровень раствора KCl в сосуде должен превышать на 3-5 мм верхний край электродов. При всех измерениях объем жидкости в сосуде должен быть одинаковым, поэтому заполнять сосуд следует с помощью пипетки. Через 10-15 мин. после заполнения сосуда приступают к измерениям. Сосуд подключают к схеме и определяют положение передвижного контакта: измерение проводят при трех

разных сопротивлениях магазина сопротивления. После каждого измерения вычисляют величину сопротивления. Для расчета постоянной сосуда k по уравнению $k = \chi R_x$ берут среднее из рассчитанных значений R_x .

По окончании измерений для определения постоянной сосуда раствор КСl выливают, сосуд тщательно промывают и заполняют исследуемым раствором. Сосуд при постоянной температуре выдерживают 10-15 мин. и измеряют сопротивление. После этого из сосуда пипеткой берут 20 мл раствора и добавляют 20 мл дистиллированной воды. Одна пипетка на 20 мл должна использоваться для раствора, а вторая для добавления воды.

После разведения сосудов осторожно встряхивают для перемешивания раствора и через 2-3 мин. измеряют сопротивление электролита. Операции разведения повторяют пять-шесть раз и для каждой концентрации электролита измеряют сопротивление. Экспериментальные данные заносятся в таблицу.

Определив сопротивление R_x для каждого значения концентрации исследуемого электролита, вычисляют удельную и эквивалентную электропроводность. Определение λ_0 выполняют по графику $\chi \cdot 10^3 = f(1/\lambda)$ и вычисляют по подвижности ионов при температуре опыта по уравнению:

$\lambda_0 = \lambda_{OK} + \lambda_{OA}$, где λ_{OK} та λ_{OA} – подвижности катиона и аниона соответственно.

Величины подвижностей ионов находят в справочниках.

Таблица 1

Результаты измерений электропроводности растворов и расчетов константы диссоциации

$C, \text{ н.}$	$R, \text{ Ом}$	$\chi, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$	$\lambda, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^2 \text{ моль-екв}^{-1}$	α	$1/\lambda$	$K_{\text{дис}}$

Далее строят графики в координатах $\chi - C$, $\lambda - C$, $\alpha - C$.

Определяют степень диссоциации и константу электролитической диссоциации для каждой концентрации слабого электролита. Сравнивают рассчитанную $K_{\text{дис}}$ с литературными данными и рассчитывают погрешности.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Теория растворов электролитов С. Аррениуса.
2. Что такое степень диссоциации электролита? Записать выражение для константы диссоциации.
3. В чем суть отклонений свойств растворов электролитов от растворов неэлектролитов?
4. Что такое изотонический коэффициент Вант-Гоффа?
5. В чем суть процесса сольватации ионов в растворе?
6. Свойства растворов сильных электролитов.
7. Записать уравнение для расчета ионной силы раствора электролита.
8. Современная количественная теория сильных электролитов.
9. Протолитическая теория кислот и оснований.
10. Раскрыть суть гидролиза.
11. Буферные растворы и их свойства.
12. Запишите математическое выражение закона разведения Оствальда.
13. Что такое гальванические элементы?
14. Что такое электродвижущая сила гальванического элемента?
15. Какие электроды обратные и какие необоротные?
16. Что называют нернстовским потенциалом?
17. Выведите уравнение Нернста для расчета электродвижущих сил элементов.
18. Выведите уравнение Нернста для расчета величины электродного потенциала.
19. Дайте характеристику электродов первого и второго рода и окислительно-восстановительных электродов.
20. Что такое водородный стандартный электрод?
21. Сделайте анализ таблицы стандартных электродных потенциалов металлов.
22. Приведите примеры электродов второго рода. В результате каких электрохимических процессов возникает электродный потенциал?
23. С помощью каких электродов измеряют рН растворов? Дайте характеристику стеклянного электрода.

ЗАНЯТИЕ № 7

Семинар

Растворы электролитов

Коллигативные свойства растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации. Степень и константа диссоциации. Изотонический коэффициент. Теория сильных электролитов Дебая – Хюккеля. Активность, ионная сила растворов, коэффициент активности.

Диссоциация воды. Водородный и гидроксильный показатель. Ионное произведение воды. Протолитическая теория кислот и оснований. Концентрация ионов гидроксония в различных системах. Буферные растворы. Буферная емкость. Гидролиз с точки зрения протолитической теории.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что такое изотонический коэффициент Вант-Гоффа?
2. В чем суть процесса сольватации ионов в растворе?
3. Свойства растворов сильных электролитов.
4. Записать уравнение для расчета ионной силы раствора электролита.
5. Современная количественная теория сильных электролитов.
6. Протолитическая теория кислот и оснований.
7. Раскрыть суть гидролиза.
8. Буферные растворы и их свойства.

ЗАНЯТИЕ № 8

Семинар

Электрохимия

Электропроводность растворов. Подвижность ионов. Закон Кольрауша. Кондуктометрия и ее практическое использование.

Общая характеристика электрохимических процессов, электродный потенциал. Трансформация химической энергии в электрическую. Уравнение Нернста. Типы потенциалов. Гальванические элементы. Обозначения электродов и элементов. Типы электродов. Потенциометрия.

Электродные процессы. Электролиз. Законы Фарадея. Концентрационный и химическая поляризация. Основы теории

перенапряжения. Уравнение Тафеля. Влияние состава раствора и природы металла на перенапряжение выделения водорода. Химические источники тока.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что такое гальванические элементы?
2. Что такое электродвижущая сила гальванического элемента?
3. Какие электроды обратимые и какие необратимые?
4. Что называют нернстовским потенциалом?
5. Выведите уравнение Нернста для расчета электродвижущих сил элементов.
6. Как по экспериментальным значениям ЭДС и температурного коэффициента ЭДС рассчитывают тепловой эффект (ΔH) реакции?
7. Раскрыть причины возникновения скачка потенциала и строение двойного электрического слоя на границе раствор - металл.
8. Выведите уравнение Нернста для расчета величины электродного потенциала.
9. Дайте характеристику электродов первого и второго рода и окислительно-восстановительных электродов.
10. Что такое водородный стандартный электрод?
11. Сделайте анализ таблицы стандартных электродных потенциалов металлов.
12. Приведите примеры электродов второго рода. В результате каких электрохимических процессов возникает электродный потенциал?
13. С помощью каких электродов измеряют рН растворов? Дайте характеристику стеклянного электрода.
14. Дайте характеристику и запишите уравнения для расчета величины ЭДС концентрационных элементов.
15. Раскройте причины возникновения диффузионного потенциала и запишите уравнение для его расчета.
16. Как возникает мембранный потенциал? Запишите уравнения для расчета его величины.
17. Раскрыть суть метода измерения электродвижущих сил.
18. Дайте характеристику элемента Вестона.
19. Раскройте методику определения рН растворов и проведения потенциометрического титрования.

ЗАНЯТИЕ № 9

Лабораторная работа. Изучение кинетики инверсии сахара

Скорость гомогенной реакции следует выразить в виде

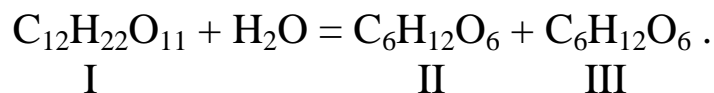
$$\omega = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dC}{dt},$$

где C – концентрация исходных веществ. Также

$$\omega = kC_1^{n_1}C_2^{n_2},$$

где C_1, C_2 – концентрации реагирующих веществ; n_1, n_2 – порядки реакции, соответственно, по веществам "1" и "2"; k – константа скорости реакции.

При реакции гидролиза сахара (I) образуются глюкоза (II) и фруктоза (III):



Все три вещества имеют асимметричный атом углерода, и поэтому они оптически активны. Водный раствор сахара вращает плоскость поляризации проходящего света вправо, а раствор продуктов реакции – влево. За время прохождения реакции правое вращение заменяется левым. Поэтому эту реакцию называют реакцией инверсии.

Для изучения скорости инверсии сахара берут 10-20%-ный раствор. Во время реакции концентрация воды изменяется незначительно, что позволяет считать ее постоянной. Поэтому эта реакция идет по первому порядку. Если порядок реакции уменьшается за счет излишнего количества одного из реагентов, то считают это псевдопорядком реакции.

Гидролиз сахара не идет в нейтральной водной среде, его ускоряют сильные кислоты, такие, как соляная.

Константу скорости реакции рассчитывают по уравнению:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{C_0}{C}.$$

где t – настоящее время реакции, C_0 – начальная концентрация сахарозы, C – концентрация в настоящее время.

Угол вращения α плоскости поляризации связан с концентрацией C и толщиной слоя L раствора уравнением

$$\alpha = \pm [\alpha] CL.$$

Знаки (+) и (-) соответствуют правому и левому вращению. У сахара $[\alpha] = + 66,55^\circ$; у глюкозы $[\alpha] = + 52,56^\circ$, в фруктозы $[\alpha] = - 91,9^\circ$. Угол вращения смеси оптически активных веществ – это алгебраическая сумма углов вращения отдельных веществ (свойство аддитивности углов вращения смеси). Угол вращения раствора определяется с помощью поляриметра.

Составными частями Поляриметр (рис.) Являются поляризаторы 3, 4 и анализатор 6 (призмы Николя).

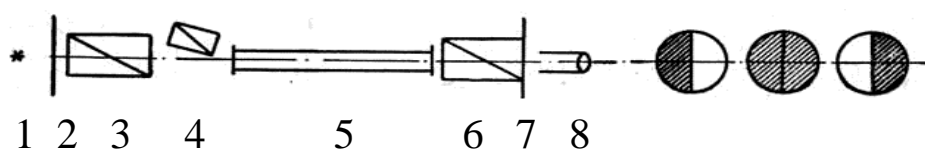
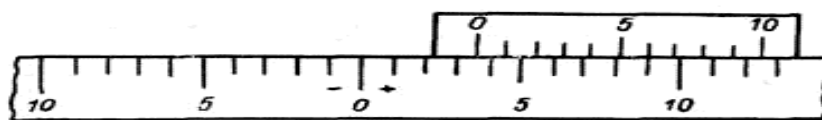


Рис. Схема поляриметра: 1– источник света; 2 – светофильтр; 3 и 4 – поляризаторы; 5 – трубка с раствором; 6 – анализатор; 7 – шкала; 8 – окуляр.

Если установить главное сечение призмы анализатора перпендикулярно главному пересечению большой призмы поляризатора, то половина поля (соответствует скрещенным призмам) становится темной. Вторая половина будет более светлой, так как наличие малой призмы предотвращает скрещиванию. Если вращать анализатор до затмения противоположной стороны поля, то осветится первая половина. Можно достичь одинакового освещения обеих полей. Такую установку считают нулевой: небольшой поворот анализатора в ту или иную сторону образует в поле зрения полутень.

Если после установки нулевого положения поместить между поляризатором и анализатором трубку 5 с раствором оптически активного вещества, которое вращает плоскость поляризации на угол α , то появится полутень. Для возврата к нулевому положению, необходимо вернуть анализатор на такой же угол α . Этот угол определяется с помощью нониуса с точностью до $0,1^\circ$ по шкале 7, которая передвигается при вращении анализатора. Например:



$$\alpha = +3,6$$

Порядок работы

Готовят 20 мл 20%-ного раствора сахара. Объем раствора в два-три раза больше объема поляриметрической трубки.

Добавляют 20 мл 3н HCl и записывают время – это начало реакции.

Чистую поляриметрической трубку наполняют раствором, который изучают. Для этого заполняют ее так, чтобы образовался выпуклый мениск. Затем со стороны надвигают сухое покровное стекло и навинчивают, прижимая обойму так, чтобы не было пузырьков воздуха.

Проводят измерения угла вращения через 5, 10, 15, 20, 25 мин. и до 1,5 ч. от начала реакции.

Расчеты. В силу аддитивности угла вращения начальная концентрация пропорциональна $(\alpha_0 - \alpha_\infty)$, где α_0 - начальный угол вращения, α_∞ - конечный, равный $-12,8^\circ$.

Концентрация в каждый момент времени пропорциональна $(\alpha_t - \alpha_\infty)$, где α_t - угол вращения на момент времени t .

Поэтому для расчетов константы скорости инверсии сахара следует использовать уравнение:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty},$$

Поскольку замерить начальный угол вращения (α_0) очень трудно, то строят зависимость $\ln(\alpha_t - \alpha_\infty) = f(t)$, и по графику (пересечение прямой с осью ординат) определяют значение логарифма $\ln(\alpha_0 - \alpha_\infty)$ при $t = 0$.

Данные оформляются в виде таблицы.

Таблица

Результаты измерений и расчетов константы скорости реакции инверсии сахарозы

Время t , мин.	α_t , град	$(\alpha_t - \alpha_\infty)$, град	$\ln(\alpha_t - \alpha_\infty)$	k , мин ⁻¹

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что является предметом химической кинетики?
2. Что определяет принципиальную возможность протекания той или иной реакции?
3. Дайте определение скорости химической реакции.
4. Записать уравнение для определения средней и истинной скорости реакции.
5. Сформулируйте закон действующих масс.
6. Классифицируйте реакции по молекулярности и по порядку реакции.
7. Охарактеризовать и записать математическое уравнение, связывающее константу скорости, концентрацию и время протекания реакции первого порядка.
8. Какие способы определения порядка реакции?
9. Как влияет температура на скорость химической реакции?
10. Что такое катализ?
11. Привести примеры каталитических реакций.
12. Суть каталитического действия катализаторов.
13. Что такое промоторы и ингибиторы?
14. В чем суть гомогенного катализа?

ЗАНЯТИЕ № 10

Семинар

Химическая кинетика и катализ

Химическая кинетика и катализ. Формальная кинетика. Общие понятия и определения. Скорость реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Порядок и Молекулярность реакций. Элементарные моно-, би- и тримолекулярные реакции. Односторонние реакции нулевого, первого, второго и третьего порядков. Кинетические уравнения реакций различных порядков. Сложные (параллельные и последовательные) реакции. Константа скорости реакции, ее размерность. Аналитические и графические методы определения порядка и констант скорости реакций. Кинетика ядерного распада. Период полураспада.

Основы теории химической кинетики. Теория активных столкновений. Число активных столкновений. Влияние температуры

на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и ее экспериментальное определение.

Катализ. Каталитические реакции. Гомогенный катализ. Свойства катализаторов. Неизменность в процессе реакции, специфика действия. Положительные и отрицательные катализаторы. Механизм и кинетика гомогенно-каталитических реакций. Автокатализ. Кислотно-основной катализ. Катализ и константа равновесия. Гетерогенный катализ. Представление об активных центрах на поверхности катализаторов. Основы теории гетерогенного катализа (теория мультиплетности и теория ансамблей). Кинетика гетерогенно-каталитических процессов. Диффузное и кинетические стадии как две составляющие скорости гетерогенного процесса.

Ферментативный катализ. Кинетика реакций, которые катализируются ферментом.

Цепные и фотохимические реакции. Основы теории простых и разветвленных цепей. Работы Семенова. Свободные радикалы и цепные реакции. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна. Квантовый выход. Фотокаталитические и фотохимические реакции. Фотосенсибилизация.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Скорость химической реакции. От каких факторов она зависит?
2. Что такое константа скорости реакции?
3. Дать определение молекулярности и порядка реакции.
4. Как определить порядок реакции? Приведите примеры реакций 1-го и 2-го порядков.
5. Что понимают под энергией активации? Какие важнейшие пути активации атомов и молекул вещества.
6. Объяснить ход цепных реакций. Что такое свободные радикалы?
7. Реакции в открытых системах.
8. Приведите примеры гомогенного и гетерогенного катализа.
9. Как зависит скорость ферментативной реакции от pH среды?
10. Объясните особенность ферментативной кинетики.

ЗАНЯТИЕ № 11

Лабораторная работа. Определение размера частиц "белых золь" оптическим методом

В этой работе размер частиц определяют с помощью метода измерения "спектра мутности". Теоретическим обоснованием метода является уравнение Рэлея, которое упрощенно можно записать как:

$$I_p / I_0 = k_1 \lambda^{-4} \quad (1)$$

Отношение I_p/I_0 для слоя раствора длиной l м называется мутностью системы τ . Поскольку измерения проводят в кюветах определенной длины, то

$$\tau = \frac{1}{L} \cdot \frac{I_p}{I_0}, \quad (2)$$

Для дисперсных систем с частицами, линейный размер которых d находится в пределах $0,1\lambda < d < 0,3\lambda$ (λ - длина волны света, проходящего через систему), показатель степени при длине волны в уравнении Рэлея становится отличным от четырех, уменьшаясь с увеличением размера частиц до нуля. Тогда уравнение записывается в виде

$$\tau = k_1 \lambda^{-X}. \quad (3)$$

Значение X является функцией размера частиц. Ее определяют графическим способом как тангенс угла наклона прямой в координатах уравнения в логарифмической форме, т.е.

$$\lg \tau = \lg k_1 - X \lg \lambda \quad (4)$$

Размер частиц определяют с помощью специальных теоретически рассчитанных калибровочных графиков, на которых построена зависимость величины X от размера d частиц. Такой график для систем, подобных тем, изучаемых в работе, рассчитанный по теории К.С.Шифрина и И.Я.Слонима, приведены на рис. 1.

В работе мутность систем τ определяют не с помощью прямого измерения интенсивностей рассеянного I_p и падающего I_0 света, а пользуются интенсивностью света, прошедшего через систему (I_{Π}), которая измеряется с помощью фотоэлектроколориметра.

Уменьшение интенсивности света dI по закону Ламберта, при прохождении через слой вещества пропорционально интенсивностям света I и толщине слоя dL , что приводит к уравнению

$$\ln I_0 / I_{\Pi} = \varepsilon L \quad (5)$$

где ε – коэффициент экстинкции.

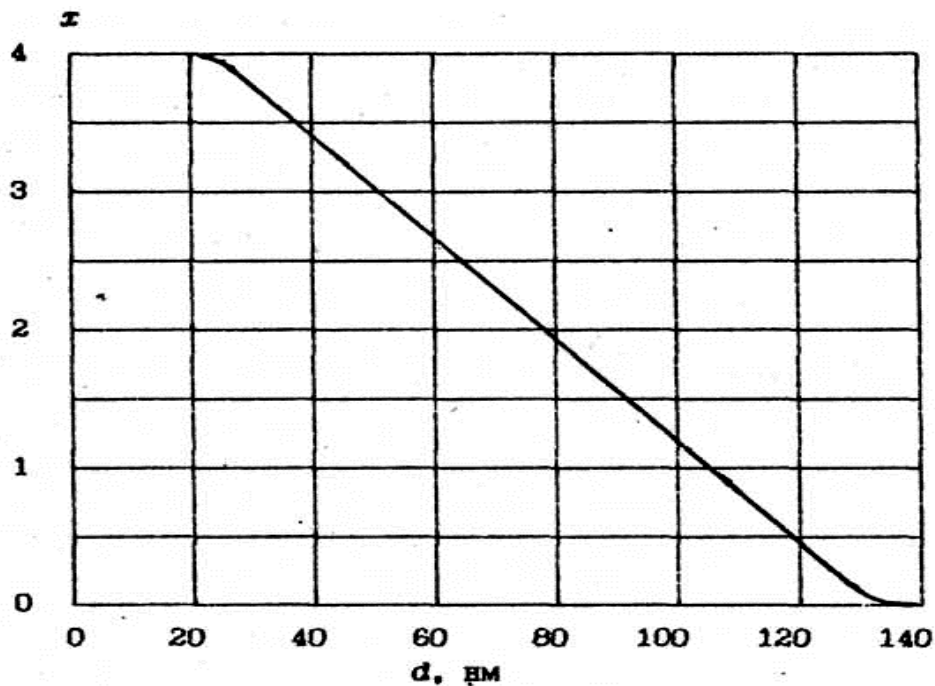


Рис.1. Зависимость X от размера частиц d.

В коллоидных растворах, что изучаются в данной работе (это так называемые "белые золи"), поглощения света (преобразование световой энергии в тепловую) отсутствует, и уменьшение интенсивности света происходит только за счет рассеивания света частицами, которые находятся в коллоидном растворе по всем направлениям

Поэтому $I_{\Pi} = I_0 - I_p$, и, подставляя это в уравнение (5), получаем

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \varepsilon L \quad (6)$$

Поскольку общая интенсивность рассеянного света гораздо меньше интенсивность падающего ($I_p \ll I_0$), то уравнение (6) можно превратить:

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \ln \frac{I_0 + I_p}{I_0 - I_p + I_p} = \ln \frac{I_0 + I_p}{I_0} = \ln \left(1 + \frac{I_p}{I_0} \right) = \varepsilon \cdot L \quad (7)$$

Раскладывая натуральный логарифм в ряд и отбрасывая второй и последующие члены разложения как величины второго и последующих ступеней малости, с получаем

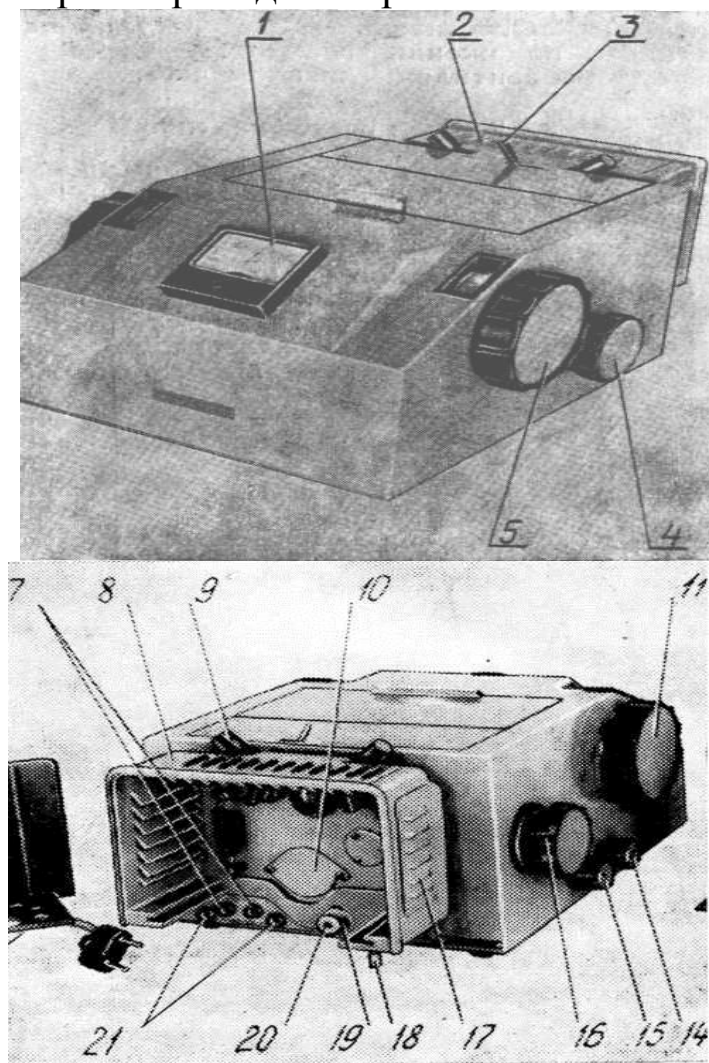
$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \frac{I_p}{I_0} = \varepsilon \cdot L \quad (7^1)$$

Сравнивая уравнения (7¹) с определением мутности системы (2), можно увидеть, что $\tau = \varepsilon$, то есть для систем, в которых поглощение

света происходит только за счет рассеивания света, коэффициент экстинкции равен мутности. Таким образом, уравнение (7¹) можно записать в виде $\tau L = I_p / I_0$, а так $I_p = I_0 - I_{\Pi}$, то

$$\tau = \frac{1}{L} \cdot \frac{I_0 - I_{\Pi}}{I_0} \quad (8)$$

Измерение оптических свойств коллоидных растворов в работе производят с помощью фотоэлектроколориметра ФЭК-56М, внешний вид которого приведен на рис. 2.



Порядок работы

Подключают прибор ФЭК-56М к электросети с номинальным напряжением 220 В.

Устанавливают «Электрический ноль» прибора. Для этого с помощью ручки (3) полностью перекрывают световые потоки и с помощью вращения ручки (15) переводят стрелку микроамперметра на «0».

Настройка прибора заключается в том, чтобы установить 0% и 100% светопропускания по шкале показывающего прибора.

Для предотвращения разогрева фотоэлемента теплом светового потока в кюветном отделении слева на все время измерений устанавливаются кюветы с растворителем (чистым дисперсионной средой). Если растворитель бесцветный, разрешено пользоваться кюветой с дистиллированной водой.

В держатель кювет, который закреплен винтом на подвижной каретке с правой стороны, устанавливаются две кюветы с одинаковой длиной. Одну из этих кювет заполняют растворителем, вторую – раствором исследуемого вещества.

Рабочие поверхности кювет перед каждым измерением должны тщательно протираться. При установлении кювет в кюветодержатель нельзя касаться пальцами их рабочих поверхностей. Наличие загрязнений или капель жидкости на рабочих поверхностях кювет приводит к искажению результатов измерений.

Закрывают кюветное отделение. Все измерения должны проводиться при плотно закрытой крышке кюветного отделения.

Устанавливают с помощью ручки (4) "Перемещение кювет" кювету с раствором на пути прохождения светового потока. Правый барабан (5) устанавливаем на деление «100» по шкале светопропускания. Путем вращения левого барабана (11), выставляем стрелку микроамперметра на «0».

Сделав такие операции два-три раза, убеждаются, что стрелка каждый раз останавливается на делениях "0" и "100".

После этого прибор считается настроенным и подготовленным к измерениям в диапазоне 0-100% светопропускания.

Если левым измерительным барабаном установить «0» не удастся, то в правый световой поток устанавливают нейтральный светофильтр, обеспечивающий установление «0» левым барабаном. Далее ручкой перемещения кювет (4) в правом световом потоке кювета с раствором заменяется кюветой с растворителем, при этом происходит смещение стрелки прибора с «0». Путем вращения правого барабана (5), выставляем стрелку микроамперметра на «0» и определяем по шкале барабана величину светопропускания (черная шкала) или оптическую плотность (красная шкала) измерительного раствора.

Эти показатели соответствуют светопропусканию измеряемого раствора в процентах. Надо помнить, что прибор не дает абсолютных значений интенсивности падающего света и света,

прошедшего сквозь раствор. I_0 и I_{Π} измеряют в относительных единицах, а именно, в процентах светопропускания. Таким образом, $I_0 = 100\%$, а I_{Π} соответствует показателю по шкале прибора.

Затем надо заменить светофильтр, проверить настраивание прибора, при необходимости снова провести настройку (по схеме, приведенной выше), и продолжить измерения.

При замене светофильтров в процессе работы измерения производят не ранее, чем через 5 мин.

После окончания работы необходимо отключить электропитание, вымыть кюветы.

Длины волн в вакууме для светофильтров приведены в табл.1.

Таблица 1

Максимумы пропускания светофильтров

№ светофильтра	λ в вакууме, нм
1	315
2	364
3	400
4	440
5	490
6	540
7	582
8	597
9	630

Для измерений используют латекс полихлорвинила (латексом называют коллоидный раствор полимера в воде). Латекс, который предложен для измерений, разводят 1%-ным раствором аммиака в определенной, предложенной преподавателем, концентрации твердой фазы.

Измеряют светопропускание разбавленного латекса, используя различные светофильтры. Полученные результаты оформляют в виде табл.2. Рассчитывают интенсивность рассеянного света из соотношения $I_p = I_0 - I_{\Pi}$; мутность растворов из соотношения $\tau L = I_p / I_0$, где L - длина кюветы; длины волн в дисперсной системе из соотношения (λ в вакууме/ n_0), где n_0 - показатель преломления воды равен 1,33. Результаты расчетов также заносятся в табл.2.

Строят зависимости $\lg \tau$ от $\lg \lambda$ и по тангенсу угла наклона прямой определяют параметр X уравнения (3). По найденным значениям X с помощью калибровочного графика (рис.1) определяют размер частиц в системе, которая была исследована.

Мутности латекса при различных длинах волн

Длина кюветы $L = \underline{\hspace{2cm}}$ м								
№ светочувствительного элемента	I_0 , %	I_p , %	$I_p = I_0 - I_{п}$, %	$\tau L = I_p / I_0$	$\tau, \text{м}^{-1}$	$\lg \tau$	λ , нм (в воде)	$\lg \lambda$

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что изучает коллоидная химия и какие принципиальные признаки ее объектов? Состав дисперсных систем. Необходимые условия образования дисперсных систем. Степень дисперсности.

2. В чем заключается физический смысл удельной поверхности? Как связана удельная поверхность с дисперсностью и размерами частиц дисперсной фазы? Выведите соотношение между этими величинами для частиц сферической формы.

3. По каким признакам классифицируют дисперсные системы? Как классифицируют дисперсные системы по размерам частиц дисперсной фазы? Какие системы называют микрогетерогенными? Золями? Какие свойства они имеют?

4. Какие дисперсные системы относят к лиофильным? Приведите примеры. Как происходит формирование частиц дисперсной фазы в лиофильных системах?

5. Какие основные свойства коллоидных растворов? В чем их отличие от истинных растворов и грубодисперсных систем? Дайте сравнительную характеристику соответствующих свойств.

6. Методы получения дисперсных систем. Анализ современных диспергационных методов. Получение золь методом пептизации.

7. Какие процессы лежат в основе метода физической конденсации? Объясните метод замены растворителя на примере получения любой лекарственной формы. На чем основана химическая конденсация? Какие условия осаждения вещества дисперсной фазы? Приведите примеры соответствующих реакций.

8. Дайте определение адгезии и когезии.

9. При каких условиях жидкость смачивает поверхность твердого тела?

11. Что такое мениск и какие бывают его формы?

12. Раскрыть суть капиллярных явлений.

ЗАНЯТИЕ № 12

Лабораторная работа № 5. Определение краевого угла смачивания листьев растений водой и водными растворами ПАВ

Цель работы: исследовать процесс смачивания и определить углы смачивания листьев растений водой и водными растворами поверхностно-активных веществ.

Приборы и реактивы: листья растений; вода; водные растворы с разной концентрацией ПАВ; прибор для определения угла смачивания.

Теоретические сведения

Если молекулы жидкости взаимодействуют с молекулами твердого тела сильнее, чем между собой, то жидкость растекается по поверхности, то есть смачивает ее. Когда молекулы жидкости взаимодействуют друг с другом сильнее, чем с молекулами твердого тела, то растекания не будет. При нанесении капли жидкости на поверхность любого твердого тела образуется определенный угол между касательной к поверхности границы раздела капля жидкости - воздух в точке пересечения всех трех поверхностей и твердой поверхностью, который называется краевым углом (углом смачивания) θ . Величина равновесного краевого угла определяется по закону Юнга:

$$\cos \theta = (\sigma_{тг} - \sigma_{тр}) / \sigma_{рг}$$

Смачиваемостью принято называть величину косинуса краевого угла:

$$B = \cos \theta.$$

Если образованный угол θ является острым, то принято говорить, что жидкость смачивает данную твердую поверхность (рис. 1, а) (если угол $\theta = 0$ - жидкость полностью смачивает поверхность), то есть значение B положительно, и, наоборот, при значениях θ от 90° до 180° - жидкость не смачивает поверхность (рис. 1, б).

Жидкость тем лучше смачивает данную поверхность, чем больше силы сцепления между молекулами поверхности и молекулами жидкости по сравнению с силами сцепления между самими молекулами жидкости.

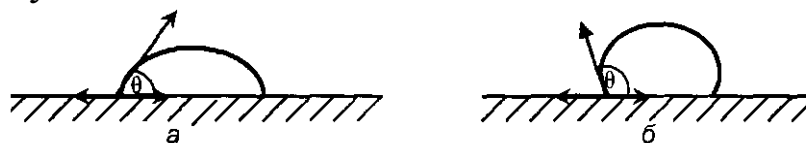


Рис. 1. Краевой угол (а - жидкость смачивает твердое тело, б - жидкость не смачивает твердое тело)

Следовательно, чтобы обеспечить растекание жидкости, в первом приближении нужно по возможности уменьшить межфазное поверхностное натяжение $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{рг}$. На практике это лучше всего сделать, вводя в жидкую фазу какую-нибудь поверхностно-активное вещество (ПАВ), которое адсорбируется на границе раздела жидкость-твердое тело или жидкость-воздух и тем самым снижает их поверхностное натяжение. Однако, желательно также, чтобы ПАВ понижало $\sigma_{тр}$. Это значительно утрудняет выбор добавок, поскольку влияние ПАВ на $\sigma_{тр}$ различных материалов является довольно специфическим. При адсорбции на твердой поверхности молекул ПАВ последние могут в зависимости от характера их ориентации менять смачиваемость поверхности.

Если твердая поверхность гидрофильная, то адсорбированные молекулы ориентируются своими полярными группами к поверхности, а неполярными группами - наружу, что приводит к гидрофобизации твердой поверхности. И наоборот, если поверхность гидрофобная, и при адсорбции на ней молекул поверхностно-активного вещества последние ориентируются неполярными участками, например, углеводородными цепями, к поверхности адсорбента, а полярными гидрофильными группами наружу, то в результате адсорбции будет происходить гидрофилизация поверхности.

Величина смачивания B в случае адсорбции на твердой поверхности ПАВ очень сильно зависит от концентрации этих веществ в растворе. Кривая зависимости $B=f(c)$ называется изотермой смачивания. Точка пересечения этой кривой с осью абсцисс (точка инверсии) соответствует такой концентрации, при которой происходит изменение знака величины B .

Для определения величины краевого угла по одному из методов определяют высоту капли и ее основания, как показано на рис. 2.

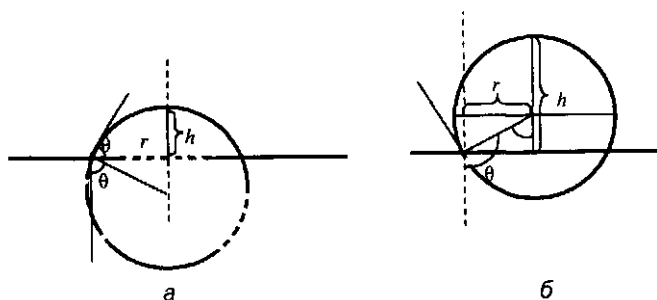


Рис. 2. Схема определения краевого угла смачивания: а - для углов $\theta < 90^\circ$; б - для углов $\theta > 90^\circ$.

Для углов $\theta < 90^\circ$ (рис. 2, а) имеем: $\operatorname{tg} \theta = 2rh/(r^2 - h^2)$, или $\cos \theta = (r^2 - h^2)/(r^2 + h^2)$ где r - половина диаметра окружности капли на поверхности твердого тела).

Для углов $\theta > 90^\circ$, когда капли не смачивает поверхность (рис. 2, б) имеем: $\operatorname{tg} (180 - \theta) = 2rh/(h^2 - r^2)$, или $\cos \theta = 1 - h/r$.

Краевой угол принято отсчитывать со стороны жидкости. Точность измерения краевого угла смачивания обычно не превышает 5%.

При исследовании влияния ПАВ при разных концентрациях измерения краевого угла проводят сначала в чистой воде, а затем в растворах ПАВ (начиная с малых концентраций). По полученным данным строят изотерму смачивания, откладывая по оси абсцисс концентрации поверхностно-активного вещества, а по оси ординат - значения величины смачивания $B = \cos \theta$ (рис. 3).

Работу адгезии рассчитывают по уравнению, подставляя в него среднее значение $\cos \theta$:

$$W_A = \sigma_{\text{рГ}}(1 + \cos \theta).$$

Значение поверхностного натяжения на границе жидкость-газ при температуре опыта берут со справочника. Поверхностное натяжение для воды на границе с воздухом при 20°C равно $72,75 \cdot 10^{-3}$ Дж/м².

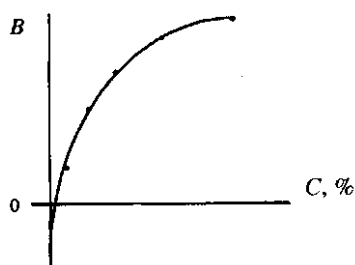


Рис. 3. Ход кривой смачивания растворами ЮАР различной концентрации.

Порядок работы

1. Горизонтально расположить листок растения на подставке.
2. С помощью микропипетки или иголки шприца нанести каплю воды или указанного раствора на поверхность листа.
3. Используя прибор измерить высоту h и полуширину основания (r) капли. Результаты занести в таблицу:

Объекты	Опыт	Высота, h	Основание, r	$\operatorname{tg} \theta$	Краевой угол, θ	Смачивание, $B = \cos \theta$
	1					
	2					
	3					
	среднее					

4. По полученным данным рассчитать краевой угол θ , смачивания B и работу адгезии W_A . Для растворов ПАВ построить график зависимости $B = f(C_{\text{ПАВ}})$.

5. Сделать вывод о свойствах поверхности относительно воды и растворов ПАВ.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что такое адгезия и когезия?
2. Как определить равновесную работу адгезии?
3. Какие условия характеризуют равновесное положение капли на твердой поверхности?
4. В каких единицах определяют краевой угол?
5. В каких пределах изменяется краевой угол на гидрофильных и гидрофобных поверхностях?
6. Что такое смачивание?
7. Как связаны работа когезии и адгезии?
8. Что такое флотация?
9. Какие явления относятся к просачиванию?
10. Что такое лиофильные и лиофобные поверхности?
11. Что такое мениск и какие бывают его формы?
12. Раскрыть суть капиллярных явлений.

ЗАНЯТИЕ № 13

Семинар

Коллоидные растворы и их свойства

Оптические свойства (эффект Тиндаля, закон Рэлея). Оптические методы исследования дисперсных систем.

Молекулярно–кинетические свойства коллоидных систем. Броуновское движение. Диффузия. Седиментация. Диффузионно-седиментационное равновесие. Седиментационный анализ. Осмотическое давление. Мембранное равновесие Донана.

Адсорбционный и диссоциационный механизм образования двойного электрического слоя. Заряды и потенциалы слоя. Электрокинетические явления в дисперсных системах (электрофорез, электроосмос, потенциал протекания и потенциал осаждения).

Строение мицеллы. Использование электрокинетических явлений для исследования коллоидных систем и в технологических процессах.

Виды устойчивости дисперсных систем (седиментационная и агрегативная). Термодинамически и кинетически устойчивые дисперсные системы. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем (электростатический адсорбционно – сольватный, энтропийный, структурно – механический, гидродинамический).

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что такое коллоидные системы?
2. Какие растворы называют лиофобными и лиофильными коллоидными растворами?
3. Написать схему мицеллы серебра йодида при избытке в растворе ионов серебра.
4. Что является причиной светорассеяния коллоидных систем?
5. Написать формулу Рэлея для расчета интенсивности светорассеяния.
6. Как можно определить размеры коллоидных частиц с помощью нефелометра?
7. Что такое броуновское движение? Записать основное уравнение броуновского движения.
8. Раскрыть суть диффузных и осмотических явлений в коллоидных растворах.
9. Что такое мембранная равновесие?
10. Какие электрокинетические явления Вы знаете? Какова причина электрокинетических явлений?
11. Какие теории строения ДЭС Вы знаете? Чем они отличаются друг от друга? Их преимущества и недостатки.
12. Что называется общим и электрокинетическим потенциалом? В чем заключаются их отличия?
13. Как построена коллоидная частица? Объясните на конкретном примере.
14. Как влияют электролиты на потенциалы ДЭС? Специфические явления наблюдаются при этом?
15. В чем заключается отличие перезарядки коллоидных частиц с помощью индифферентных и неиндифферентных электролитов?
16. Как влияет концентрация золя, изменение температуры, рН и природа дисперсионной среды на потенциалы ДЭС?

ЗАНЯТИЕ № 14

Лабораторная работа. Адсорбция уксусной кислоты на угле

План работы

1. Приготовить водные растворы уксусной кислоты.
2. Определить концентрации растворов уксусной кислоты.
3. Измельчить и взвесить активированный уголь.
4. Провести адсорбцию на активированном угле.
5. Отфильтровать растворы.
6. Определить концентрации растворов уксусной кислоты после адсорбции.
7. Построить изотермы адсорбции, рассчитать параметры А и К.
8. Рассчитать удельную поверхность угля.

Порядок работы

Для изучения адсорбции уксусной кислоты на активированном угле из исходного раствора CH_3COOH методом последовательного разведения приготавливают шесть растворов кислоты (по 200 мл, концентрации указывает преподаватель). Активированный уголь тщательно растирают в ступке, а затем взвешивают шесть порций по 1,0 г.

До 100 мл каждого из приготовленных растворов уксусной кислоты добавляют по 1,0 г угля, после чего закрытые колбы с содержанием взбалтывают на механической мешалке в течение 30 мин. Затем растворы фильтруют, а в полученном фильтрате определяют концентрацию кислоты после адсорбции.

Концентрацию исходного раствора уксусной кислоты и растворов после адсорбции и фильтрации определяют титрованием раствором NaOH с известной концентрацией в присутствии фенолфталеина до появления устойчивой слабо-розовой окраски раствора. Концентрацию кислоты рассчитывают по соотношению:

$$c_{\text{к}} V_{\text{к}} = c_{\text{щ}} V_{\text{щ}}$$

где $c_{\text{к}}$ и $c_{\text{щ}}$ — концентрации растворов уксусной кислоты и NaOH (моль/л); $V_{\text{к}}$ — объем кислоты, который был взят для титрования; $V_{\text{щ}}$ — объем щелочи, пошедший на титрование.

Для титрования берут три порции анализируемого раствора. Концентрацию рассчитывают как среднее арифметическое результатов титрования трех порций.

Размер адсорбции A определяется по разнице концентраций раствора уксусной кислоты до (c_0) и после (c) адсорбции:

$$A = [(c_0 - c)V]/m,$$

где m – масса угля; V – объем раствора кислоты, который был взят для опыта.

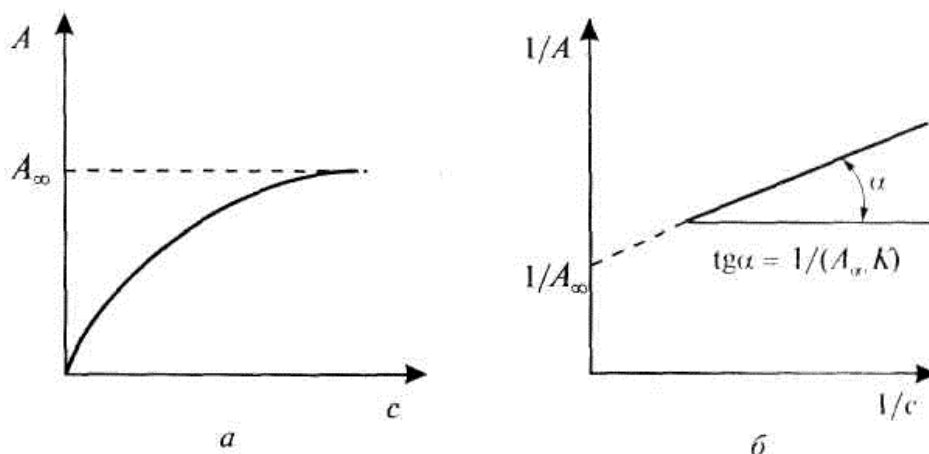


Рис. 1. Изотермы адсорбции Ленгмюра: а) в координатах A – c ; б) линейная форма в координатах $1/A$ – $1/c$

Строят изотерму адсорбции в координатах $1/A$ – $1/c$ (см. рис. 1, б) и определяют A_∞ и K , используя линейную форму уравнения изотермы адсорбции Ленгмюра

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty K} \cdot \frac{1}{c}.$$

Все результаты заносят в таблицу:

№ колбы	$(V_0)_к$	$(V_0)_щ$	c_0	$V_к$	$V_щ$	c	$\Delta c = c_0 - c$	A	$1/C$	$1/A$

Для определения удельной поверхности адсорбентов используются уравнения Ленгмюра и уравнения БЭТ.

$$s_{уд} = A_\infty N_A s_M,$$

где N_A – число Авогадро; s_M – площадь, занимаемая одной молекулой адсорбата в насыщенном адсорбционном слое.

По уравнению рассчитывают удельную поверхность адсорбента, $s_{уд}$, считая, что площадь, занимаемая одной молекулой s_M , для многих одноосновных жирных кислот составляет $0,2 \text{ нм}^2$.

Указания для оформления работы

1. Указать цель работы.
2. Внести в таблицу экспериментальные данные.
3. Построить зависимость в координатах $1/A - 1/c$ и определить A_∞ .
4. Рассчитать константу адсорбционного равновесия K .
5. Рассчитать удельную поверхность адсорбента.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Что называется адсорбцией?
2. Что называют поверхностно-активными веществами?
3. Сформулируйте правило Траубе.
4. Записать уравнение Гиббса и сделать его анализ.
5. Как располагаются поверхностно-активные вещества в поверхностном слое раствора?
6. В чем суть процесса адсорбции на поверхности твердого тела?
7. Какая разница между физической и химической адсорбцией?
8. Записать уравнения Фрейндлиха и сделать его анализ.
9. Какие предсказания положены в основу теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра?
10. Записать уравнение Ленгмюра и сделать его анализ.
11. Нарисовать изотерму адсорбции Ленгмюра и сделать ее анализ.
12. Основные закономерности ионообменной адсорбции.
13. Какие адсорбенты называют ионитами, катионитами, анионитами? Где и как их применяют?
14. Какие ионы, которые находятся в водном растворе, лучше будут адсорбироваться на кристалле AgI и почему?

ЗАНЯТИЕ № 15

Лабораторная работа. Разделение пигментов хлорофилла методом адсорбционной хроматографии

Реактивы и оборудование: этиловый или метиловый спирт, бензин, хроматографическая колонка, ватные тампоны, свежие зеленые листья, ступка, пипетки.

Хроматография - это физико-химический метод разделения сложных смесей, при котором компоненты по-разному распределяются между двумя фазами. Одна фаза неподвижна с большой поверхностью контакта, вторая подвижная в виде потока, который фильтруется через неподвижный слой. Неподвижная фаза оформляется в виде колонки (рис. 1) или тонкого слоя. Через них протекает подвижная фаза. Разделяемые вещества, сначала растворены в подвижной фазе. Они интенсивно взаимодействуют с неподвижной фазой, ассоциируясь с ней, и поэтому постепенно перемещаются в направлении фронта растворителя. Вещества, которые плохо взаимодействуют с неподвижной фазой, вымываются быстрее. Разделяются вещества в соответствии с их разной скоростью передвижения в колонке или в тонком слое.

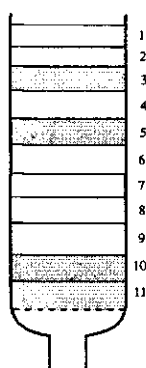


Рис. 1. Хроматограмма хлорофилла: 1, 4, 7, 9 бесцветные зоны, 2 - желтая (ксантофилл β), 3 - желто-зеленая (хлорофиллин β), 5 зелено-синяя (хлорофиллин α), 6 - желтая (ксантофилл α''), 8 - желтая (ксантофилл α'), 11 - серая (хлорофиллан)

Исходя из природы взаимодействия веществ, которые разделяют с твердой фазой, различают адсорбционную, распределительную и ионообменную хроматографии. Адсорбционная хроматография основана на молекулярной адсорбции и подчиняется уравнению Ленгмюра. В основе распределительной хроматографии лежит различие в коэффициентах распределения веществ, которые разделяются, между двумя жидкими фазами.

По методикам проведения анализа различают колонковую, хроматографию на бумаге и тонкослойную хроматографии. Сорбция, ионный обмен, распределение между фазами различного состава протекают непрерывно при последовательном многократном повторении.

При колонковой хроматографии смесь веществ в виде раствора (жидкая фаза) пропускают через колонку со слоем сорбента (твердая фаза). Отдельные растворенные вещества адсорбируются и образуют зоны адсорбции в виде первичной хроматограммы. При промывании колонки растворителем разделяют зоны адсорбции (проявка хроматограммы).

Порядок работы

Растереть с песком в ступке свежие или сушеные зеленые листья (лучше взять листья крапивы). В обычную пробирку поместить слой листьев (1- 2 см), смочить 3- 5 каплями этилового спирта и оставить на 3- 4 мин, слегка встряхивая. Затем, в пробирку добавить бензин, покрыв им листья. Спирт хорошо извлекает хлорофилл из листьев, но извлеченный хлорофилл лучше растворяется в бензине. После встряхивания бензиновый раствор приобретает темно-зеленый цвет. По стенкам пролить дистиллированную воду. Слой бензина, который при этом выплывет, слить в чистую пробирку. Повторить извлечение бензина водой несколько раз, слегка встряхивая пробирку. Таким образом мы избавимся от спирта, который мешает разделению компонентов в колонке.

На дно хроматографической колонки (длиной 8- 9 и диаметром 1 см) разместить ватный тампон слоем примерно 0,5 см. Заполнить колонку сухим крахмалом, внося его небольшими порциями и уплотняя легкими толчками колонки в стол. Колонка должна быть равномерно заполнена, без пустот, на две трети и закреплена в вертикальном положении.

Несколько капель (8-10) бензинового экстракта внести пипеткой в верхнюю часть колонки, предотвращая попадание воды. При перемещении экстракта вдоль колонки, происходит разделение на адсорбционные слои (первичная хроматограмма). Хроматограмму проявляют добавлением сверху чистого бензина. Он забирает с собой вещества, которые разделились, по степени их адсорбируемости. Основные пигменты зеленых листьев располагаются сверху вниз следующим образом: 1 - желтая (ксантофилл β), 2 - желто-зеленая (хлорофиллин β), 3 - сине-зеленая (хлорофиллин α), 4 – желтая (ксантофилл), 5 - желтая (ксантофилл α'), 6 - желтая (ксантофилл α) и 7 - красная (каротин). Ксантофиллы слабо адсорбируются, а каротин на крахмале вообще не абсорбируется. Для получения зоны адсорбции каротина в нижнюю часть колонки на ватный тампон помещают небольшой слой прожаренного оксида алюминия.

Получить хроматограмму пигментов хлорофилла, зарисовать ее и определить зоны адсорбции для отдельных пигментов.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Дайте характеристику поверхностно-активным и поверхностно-инактивным веществам. В чем особенности их адсорбции?
2. В чем особенности строения молекул ПАВ и их адсорбции на границе раздела жидкость - газ?
3. Как зависит поверхностное натяжение от концентрации адсорбтива? Уравнение Шишковского, Фрумкина.
4. Какие особенности адсорбции на твердой поверхности?
5. Какие адсорбенты относятся к пористым и непористым?
6. Как определить пористость адсорбента? Как она влияет на величину адсорбции?
7. Как используются уравнения Гиббса, Ленгмюра, и Фрейндлиха при адсорбции газов на твердых телах?
8. Дайте характеристику физической адсорбции.
9. Природа адсорбционных сил.
10. Какие особенности химической адсорбции?
11. Какие основные положения теории адсорбции Поляне?
12. Что дифференциальная и интегральная теплоты адсорбции?
13. Как аналитически и графически определить скорость адсорбции?
14. Приведите и проанализируйте различные типы изотерм адсорбции.

ЗАНЯТИЕ № 16

Лабораторная работа. Изучение коагуляции коллоидных растворов электролитами

Цель работы. Определить пороги коагуляции (ПК) лиофобного золя электролитами с противионами разного заряда. Проверить правило Шульце-Гарди и закон Дерягина (z^{-6}).

Методика работы. В данной работе порог коагуляции золя электролитом определяют из зависимости оптической плотности центрифугата золя, которые содержат различные количества электролита, на некоторой стадии коагуляции, от концентрации золя (рис. 1).

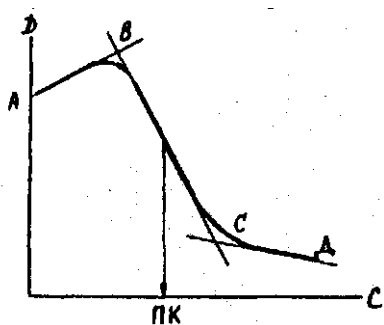


Рис. 1. Типичная зависимость оптической плотности центрифугата золя от концентрации добавленного электролита

Теоретические сведения

Введение в золь небольшого количества электролита приводит к скрытой коагуляции, при этом частицы золя агрегируют, но эти агрегаты еще малы и золь сохраняет седиментационную устойчивость. Этот процесс сопровождается увеличением оптической плотности (участок АВ на рис. 1). Увеличение содержания электролита в золе приводит к образованию больших агрегатов, которые уже оседают в центробежном поле. Оптическая плотность центрифугата при этом уменьшается, так как интермицеллярная жидкость освобождается от части агрегатов, перешедших в осадок (участок ВС на кривой рис.1). Когда содержание электролита превышает ПК, практически вся дисперсная фаза переходит в осадок, и оптическая плотность почти не зависит от концентрации электролита (участок CD на кривой рис. 1).

Порог коагуляции соответствует той концентрации электролита, при которой наблюдается резкое уменьшение оптической плотности центрифугата золя. Для определения ПК проводят касательные трех участков кривой $D = f(C)$, как показано на рис. 1. Концентрация, которая соответствует средней точке между пересечениями касательных, и дает ПК.

Оптическую плотность центрифугата определяют с помощью фотоэлектроколориметра любого типа.

Порядок работы

В шесть тщательно вымытых и пропаренных пробирок наливают раствор электролита, затем воду, после чего добавляют

исследуемый золь (по указанию преподавателя). Такая последовательность сливания растворов необходима для того, чтобы обеспечить коагуляцию золя за одинаковое время с одинаковой степенью разведения. Для изучения коагуляции золя сернистой сурьмы используют электролиты KCl , $BaCl_2$ и $AlCl_3$, для золя гидроксида железа – KCl , K_2CrO_4 и $K_3[Fe(CN)_6]$. Компоненты берут в количествах, указанных в табл. 1.

Системы для изучения коагуляции с различными электролитами готовят постепенно, через 30 мин. каждый, чтобы обеспечить одинаковое время коагуляции золя каждым из исследуемых электролитов. Жидкость в пробирках тщательно перемешивают, после чего оставляют на 1 час. Далее переливают жидкость в пробирки для центрифугирования и центрифугируют в течение 5 мин., не считая 5 мин. разгона центрифуги. Целью центрифугирования является изъятие агрегатов скоагулированных частиц из дисперсионной среды. Частицы, которые не потеряли своей седиментационной устойчивости, остаются в центрифугате. Измеряют оптическую плотность всех центрифугатов. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду. Определение оптической плотности проводят, начиная с раствора 1, в котором концентрация электролита наименьшая, используя синий светофильтр. Результаты измерений оформляют в виде табл. 1. При работе особое внимание надо сосредоточить на чистоте пробирок, в которых проводят коагуляцию, посуды и кювет, в которых измеряется оптическая плотность.

Таблица 1

Результаты измерений коагуляции золя в присутствии электролита

№	Объем, мл			Оптическая плотность, D
	золя	воды	раствора электролита	
1	3,0	7,0	-	
2	3,0	6,6	0,4	
3	3,0	6,2	0,8	
4	3,0	5,8	1,2	
5	3,0	5,4	1,6	
6	3,0	5,0	2,0	

Для каждой пары золь–электролит строят зависимость оптической плотности центрифугата от концентрации добавленного электролита (С), рассчитывают пороги коагуляции золя электролитами в миллимоль электролита на литр золя, помня, что объем золя после добавления воды и раствора электролита равны 10 мл. Проверяют правило Шульце-Гарди.

Строят зависимость $lgPK - lgZ$ заряда противиона и определяют показатель степени при заряде, вызвавший коагуляцию противиона (α) в уравнении $PK = kZ^{-\alpha}$. Сравнивают экспериментальную величину α с ее значением по теории ДЛФО для случая концентрационной коагуляции.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Какие виды устойчивости коллоидных систем Вы знаете?
2. Какими факторами обусловлены различные виды устойчивости?
3. Какие теории коагуляции Вам известны? Проанализируйте потенциальную кривую теории ДЛФО.
4. Что такое коагуляция? Какие факторы могут ее вызвать? Что называется порогом коагуляции, коагулирующей способностью? Сформулируйте правило Шульце-Гарди.
5. Кем разработана теория быстрой коагуляции? Как определить константу скорости быстрой коагуляции? От чего она зависит?
6. Какие типы коагуляции Вам известны? Когда в системе протекает концентрационная коагуляция, а когда – нейтрализационная?
7. Что называется "привыканием" зольей? Как защитить золь от воздействия электролитов? Что называется защитным числом?
8. Что является причиной светорассеяния коллоидных систем?
9. Написать формулу Рэлея для расчета интенсивности светорассеяния.
10. Как определить размеры коллоидных частиц с помощью нефелометра?
11. Что такое броуновское движение? Записать основное уравнение броуновского движения.

ЗАНЯТИЕ № 17

Лабораторная работа. Определение изоэлектрической точки белка

В этой работе рН изоэлектрической точки желатина определяют из зависимости светопропускания растворов от рН среды. Измерение светопропускания проводят на приборе ФЭК-56М. Описание прибора и порядок работы на нем приведены в работе №5. Измерение светопропускания осуществляют с зеленым светофильтром в кюветах максимальной толщины.

Порядок работы

Готовят 1%-ный раствор желатина в количестве 300 мл и горячим фильтруют его через складчатый фильтр. После охлаждения до комнатной температуры в восемь пронумерованных колб емкостью 50 мл отбирают пипеткой по 25 мл отфильтрованного раствора желатина. Затем добавлением раствора кислоты или щелочи с бюреток доводят растворы в колбах до нужных значений рН, используя при этом данные табл.1.

Таблица 1

Светопропускание раствора желатина при различных рН

№ колбы	1	2	3	4	5	6	7	8
рН	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	7,0	9,0
0,1 н. HCl (мл)	2,0	1,3	0,9	0,65	0,25	-	-	-
0,1 н. NaOH (мл)	-	-	-	-	-	-	0,24	0,38
Светопропускание, %								

В шестую колбу не прибавляется ни кислота, ни щелочь. После осторожного перемешивания растворов, колбы устанавливают в гнезда металлической ванны и все одновременно охлаждают проточной водой или льдом в течение 10-15 мин, после чего проводят измерения светопропускания растворов. Данные заносят в табл. 1.

Результаты приводятся в виде графика, откладывая по оси абсцисс рН, а по оси ординат – светопропускание, в довольно большом масштабе, в процентах.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Какие дисперсные системы относятся к аэрозолям? Классификация аэрозолей. Методы получения аэрозолей. В чем отличие аэрозолей от лиозолей? Электрические свойства аэрозолей. Агрегативная и

- седиментационная устойчивость аэрозолей. Назовите источники образования аэрозолей.
2. Какие дисперсные системы относятся к эмульсиям? Классификация эмульсий. Факторы устойчивости эмульсий. Свойства эмульгаторов и их выбор. Методы получения эмульсий. Способы разрушения эмульсий. Как определить тип эмульсии?
 3. Какие дисперсные системы относятся к пенам? Как классифицируют пены по кратности? В чем проявляются кинетический, структурно-механический и термодинамический факторы устойчивости пен? Какие способы получения пен вы знаете? Какие свойства характерны для твердых пен?
 4. Какие системы относятся к суспензиям, пастам? Агрегативная и седиментационная устойчивость суспензий. Практическое применение суспензий и паст.
 5. Какие дисперсные системы относятся к порошкам? Как классифицируются порошки по размеру частиц? Характерные свойства порошков. От чего зависит горючесть и взрывоопасность порошков? Какую роль играет гранулирование в технологии производства порошков?
 6. Какие соединения относятся к ВМС? Какие методы получения ВМС вам известны?
 7. Какова структура макромолекул ВМС? Что такое конформация части макромолекул?
 8. Как рассчитать молярную массу ВМС?
 9. В чем особенности ограниченного и неограниченного набухания растворов ВМС? Что такое степень набухания и от каких факторов зависит его значение? Какие стадии включает процесс набухания? Дайте их характеристику.
 10. Какие свойства имеют белки, как амфолиты? Что такое изоэлектрическое состояние белка? Что такое денатурация белка?
 11. В чем проявляется старение полимеров?
 12. Высаливание и факторы, влияющие на этот процесс. Какая разница между процессами высаливания и коагуляции?
 13. Что такое относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости растворов ВМС? От каких факторов зависит вязкость растворов ВМС? Как рассчитать молярную массу ВМС по значению вязкости?
 14. Как определить молярную массу ВМС по осмотическому давлению раствора?

ЗАНЯТИЕ № 18

Лабораторная работа. Изучение кинетики ограниченного набухания полимеров

Набухание полимеров количественно характеризуется степенью набухания α :

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0},$$

где m_0 - масса образца полимера до набухания, а m - масса образца после набухания.

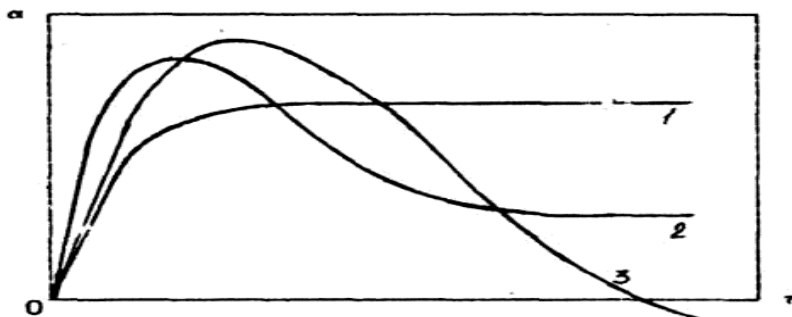


Рис.1. Кинетические кривые набухания полимеров

Набухание происходит не мгновенно, а через некоторое определенное время. Кинетические кривые набухания приведены на рис. 1.

Кривая 1 соответствует так называемому ограниченному набуханию, когда процесс заканчивается на стадии диффузии растворителя в образец полимера. Кривая 2 описывает случай ограниченного набухания, когда в раствор переходят только низкомолекулярные фракции набухшего образца. Кривая 3 характеризует случаи неограниченного набухания, когда происходит полное растворение набухшего образца полимера.

Скорость ограниченного набухания описывается кинетическим уравнением первого порядка

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(\alpha_{\max} - \alpha),$$

где $d\alpha/dt$ - скорость набухания за время τ ; α - степень набухания за время τ ; α_{\max} - предельная степень набухания.

На графике это уравнение изображается прямой линией в координатах $da/dt - \alpha$ (рис. 2), где отрезок, который отсекает прямая на оси ординат, равен $k\alpha_{\max}$, а тангенс угла наклона прямой – $(-k)$. При этом отрезок, который отсекает прямая на оси абсцисс, равен α_{\max} .

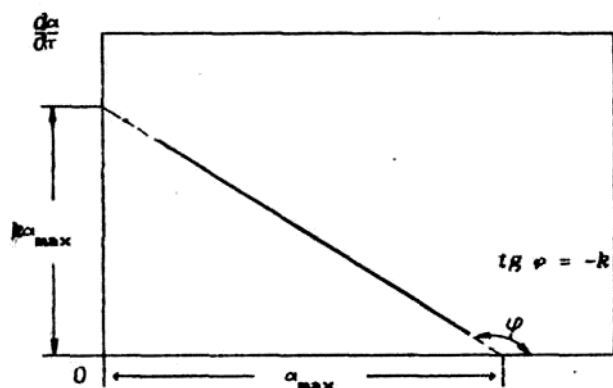


Рис. 2. Зависимость скорости набухания полимера от степени набухания

В данной работе набухание изучают весовым методом, по увеличению веса образца полимера. Взвешивание проводят на торсионных весах.

Порядок работы

На предварительно взвешенную тарелку помещают образец желатина и определяют его массу. В стаканчик наливают буферный раствор с определенным значением рН. Погружают тарелочку с образцом полимера в раствор таким образом, чтобы последний был полностью погружен в жидкость. Одновременно с этим включают секундомер. Через определенный период времени вынимают тарелочку с образцом полимера из раствора, с помощью фильтровальной бумаги удаляют избыток жидкости из набухшего полимера и взвешивают тарелочку с набухшим образцом полимера. Погружают тарелочку с полимером снова в жидкость и повторяют измерения через каждые 2 мин, постепенно увеличивая интервалы времени до 15 мин. Измерение продолжают 3-4 часа. Изучают набухание в трех буферных растворах с различными значениями рН. С образцами в каждом растворе работают на отдельных торсионных весах.

Растворы с определенными рН готовят, пользуясь данными табл.1.

Состав буферных растворов

рН	Объем раствора, мл		
	Янтарной кислоты 0,5 моль/л	борной кислоты 0,5 моль/л	буры 0,5 моль/л
3,0	98,6	-	1,4
3,2	96,5	-	3,5
3,4	94,0	-	6,0
3,6	90,5	-	9,5
3,8	86,3	-	13,7
4,0	82,2	-	17,8
4,2	77,8	-	22,2
4,4	73,8	-	26,2
4,6	70,0	-	30,0
4,8	66,5	-	33,5
5,0	63,2	-	36,9
5,2	60,5	-	39,5
5,4	57,9	-	42,1
5,6	55,7	-	44,3
5,8	54,0	-	46,0
7,0	-	94,0	6,0
7,4	-	90,0	10,0
7,6	-	85,0	15,0
7,8	-	80,0	20,0
7,9	-	75,0	25,0
8,1	-	70,0	30,0
8,2	-	65,0	35,0
8,4	-	55,0	45,0
8,6	-	45,0	55,0
8,7	-	40,0	60,0
8,8	-	30,0	70,0
9,0	-	20,0	80,0
9,1	-	10,0	90,0

Результаты измерений заносятся в табл. 2 для каждого рН.

Строят зависимость α - τ , с помощью графического дифференцирования определяют не менее 10 значений $d\alpha/d\tau$ для различных α , взятых через равные промежутки времени. Строят зависимость $d\alpha/d\tau$ от α и определяют α_{\max} и k . Результаты расчетов оформляют в виде табл. 3.

Таблица 2

Результаты изучения набухания желатина

Масса тарелки с образцом желатина _____ мг Масса тарелки = _____ мг Масса образца желатина $m_0 =$ _____ мг					
τ , мин	Масса тарелочки с набухшими образцом желатина, мг	Масса набухшего образца желатина, мг	Масса поглощенной жидкости $m - m_0$, мг	α	$d\alpha/d\tau$

Таблица 3

Константы набухания желатина

pH	k, c^{-1}	α_{max}
pH ₁		
pH ₂		
pH ₃		

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Какие дисперсные системы относятся к аэрозолям? Классификация аэрозолей.
2. Методы получения аэрозолей.
3. В чем отличие аэрозолей от лиозолей?
4. Электрические свойства аэрозолей.
5. Агрегативная и седиментационная устойчивость аэрозолей.
6. Назовите источники образования аэрозолей.
7. Какие дисперсные системы относятся к эмульсиям? Классификация эмульсий.
8. Факторы устойчивости эмульсий.
9. Свойства эмульгаторов и их выбор.
10. Методы получения эмульсий.
11. Способы разрушения эмульсий.
12. Как определить тип эмульсии?
13. Какие дисперсные системы относятся к пенам?
14. Как классифицируют пены по кратности пены?
15. Какова структура адсорбционного слоя ПАВ в пленке жидкости?

16. В чем проявляются кинетический, структурно-механический и термодинамический факторы устойчивости пен?
17. Какие способы получения пен вы знаете?
18. Какие свойства характерны для твердых пен?
19. Перечислите области применения жидких и твердых пен.
20. Какие системы относятся к суспензиям, пастам?
21. Агрегативная и седиментационная устойчивость суспензий.
22. Какие общие свойства имеют суспензии и лиозоли как дисперсные системы типа т/г?
23. Практическое применение суспензий и паст. Какие дисперсные системы относятся к порошкам?
24. Как классифицируются порошки по размеру частиц?
25. Характерные свойства порошков.
26. От чего зависит горючесть и взрывчатость порошков?
27. Какую роль играет гранулирование в технологии производства порошков?

ЗАНЯТИЕ № 19

Семинар

Физико-химические свойства растворов ВМС

Классификация ВМС. Природные и синтетические ВМС, их значения и свойства. Получение и очистка дисперсных систем и растворов полимеров.

Набухание ВМС. Степень набухания. Факторы, влияющие на набухание. Изоэлектрическая точка белка и способы ее определения. Старение гелей. Значение процессов набухания и старения гелей. Вязкость растворов ВМС. Коллоидно - осмотическое давление в растворах ВМС.

Вопросы и упражнения для самоконтроля

1. Какие соединения относятся к ВМС?
2. Какие методы получения ВМС вам известны?
3. Какова структура макромолекул ВМС? Что такое конформация звеньев макромолекул?
4. Как рассчитать молярную массу ВМС?
5. Особые свойства растворов ВМС.

6. В чем особенности ограниченного и неограниченного набухания?
7. Что такое степень набухания и от каких факторов зависит ее значение?
8. Какие стадии включает процесс набухания? Дайте их характеристику.
9. Какие свойства имеют белки, как амфолиты?
10. Что такое изоэлектрическое состояние белка?
11. Что такое денатурация белка?
12. Какие свойства имеет связанная вода?

Задания для самостоятельной работы

1. Используя закон Гесса, закон Кирхгофа, теплоты сгорания, образования и растворения, на основе экспериментальных данных и термодинамических таблиц рассчитывать тепловые эффекты физико-химических процессов при различных температурах для определения реакционной способности веществ, направления реакции.

2. Используя I закон термодинамики для различных процессов, рассчитывать среднюю и истинную теплоемкости при различных температурах, постоянном давлении и объема.

3. Используя метод термодинамических потенциалов, уравнение Гельмгольца-Гиббса, рассчитывать направление химического процесса в различных условиях.

4. Используя общие условия равновесия, метод термодинамических потенциалов, уравнение изотермы, изобары и изохоры химической реакции, рассчитывать константы равновесия в различных условиях.

5. Используя результаты эксперимента, закон действия масс, устанавливать влияние на равновесие реакций различных факторов.

6. Используя таблицы термодинамических величин, уравнения химических реакций, рассчитывать изменение энтальпии, энтропии, энергии Гиббса в различных физико-химических процессах для определения реакционной способности веществ, направления реакции.

7. Используя правило фаз Гиббса, уравнение Клаузиуса-Клапейрона и термический анализ, построить диаграммы состояния, проанализировать, проинтерпретировать их и применять для установления свойств гетерогенных физико-химических систем.

8. Используя теорию молекулярных растворов, эбуллиоскопию, криоскопия, закон Рауля, на основе теоретических и экспериментальных данных рассчитывать молярные массы различных веществ.

9. Используя теорию молекулярных растворов, законы Коновалова, экспериментальные данные ректификации, построить диаграммы состояния двухкомпонентных систем «давление пара - температура».

10. Используя необходимое оборудование, готовить растворы веществ заданной концентрации.

11. Используя теорию растворов, их физико-химические характеристики, влияние различных факторов на растворимость веществ, рассчитывать различные концентрации растворов, перечислять одну концентрацию в другую.

12. Используя теорию молекулярных растворов, рассчитывать константу распределения третьего компонента между двумя нерастворенными жидкостями.

13. Используя необходимое оборудование, экспериментально определить рН растворов.

14. Используя теорию электролитической диссоциации, находить степень и константу диссоциации, давать оценку силы электролита, рассчитывать рН различных растворов электролитов, растворимость труднорастворимых веществ, констант ионизации веществ и на основе их сравнения определять возможность образования и превращения веществ при проведении анализа.

15. Используя теорию электролитической диссоциации, степень и константу диссоциации, рассчитывать рН буферных смесей, определять их роль для обеспечения условий проведения анализа.

16. Используя теорию электролитической диссоциации, свойства соответствующих солей, рассчитывать константы гидролиза и рН растворов солей.

17. Используя необходимое оборудование, экспериментально определять влияние различных факторов на рН растворов солей.

18. Используя закон действия масс и порядок реакции, рассчитывать скорость и константу скорости для установления механизма химической реакции.

19. На основе теории коллоидных систем учитывать возможность протекания процессов коагуляции и пептизации при проведении анализа.

20. На основе особенностей коллоидных систем получать коллоидные растворы различными методами и изучать их свойства.

21. На основе оптических свойств коллоидных растворов устанавливать форму, размеры коллоидных частиц и определять их концентрацию.

22. Используя теорию устойчивости коллоидных растворов, кинетику коагуляции, изучать процесс коагуляции и устанавливать зависимость его от различных факторов.

23. На основе изучения электрических свойств коллоидных частиц, устанавливать их строение с целью обоснования особенностей коллоидных растворов.

24. Используя теорию мономолекулярной адсорбции Ленгмюра, уравнения Фрейндлиха, уравнения полимолекулярной адсорбции, определять основные характеристики, особенности адсорбции на границе "твердое тело - газ" и "твердое тело - раствор", применять для хроматографического метода анализа.

25. Используя уравнение Гиббса, определять особенности поверхностной активности и адсорбции на границе "раствор - газ".

26. Используя теорию вязкости, особенности структуры дисперсных систем, экспериментальные данные, изучать реологические свойства с целью выяснения природы тиксотропии, синерезиса в химических и физиологических процессах.

27. На основе теории растворов высокомолекулярных соединений изучать особенности этих систем, определять молярную массу с целью использования в лабораторной практике, промышленности, биологии.

28. На основе особенностей и свойств грубодисперсных систем получать и разрушать аэрозоли, суспензии, пены, выяснять их практическое значение в промышленности, технике, в защите окружающей среды.

УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ

- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Первый закон термодинамики"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Второй закон термодинамики"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Характеристические функции. Соотношения Максвелла"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Химическое равновесие"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Фазовые равновесия и растворы неэлектролитов"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Растворы электролитов"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Электрохимия"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Химическая кинетика и катализ"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Признаки объектов коллоидной химии. Классификация поверхностных явлений. Классификация дисперсных систем"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Свойства дисперсных систем, которые определяются кривизной поверхности"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Свойства дисперсных систем, которые определяются наличием поверхности раздела фаз"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Основные представления о высокомолекулярных веществах. Получение коллоидных систем и их очистка"*.
- Составление *текста задачи тестового контроля по теме "Физико-химические свойства растворов высокомолекулярных соединений"*.

Текст задания тестового контроля необходимо разрабатывать по следующим исходным данным:

- В задании должно быть разработано 5 блоков по 8 вопросов в каждом.
- Вопросы каждого блока должны касаться материала определенной темы модуля.
- На каждый вопрос должен быть только один правильный ответ.
- На каждый блок вопросов необходимо составить 10 альтернативных ответов, среди которых должны быть и все правильные ответы на вопросы блока.
- На несколько вопросов блока может быть одинаковый ответ.
- Неправильные ответы должны иметь физический смысл.
- Вопросы в блоке и ответы на них должны быть пронумерованы, соответственно, от 1 до 8 и от 0 до 9.
- Вопросы в задании должны быть дифференцированы по сложности, то есть в нем нужно использовать легкие, средние и тяжелые для выполнения проблемы.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ СТУДЕНТЫ

Модуль I Поточное тестирование и самостоятельная работа															Модуль II (учебный проект)	Итоговое тестирование	Сумма	
Содержательный модуль I				Содержательный модуль II			Содержательный модуль III		Содержательный модуль IV			Содержательный модуль V		Содержательный модуль VI		20	20	200
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T1	T2	T1	T2	T3	T1	T2	T1	T2			
5	5	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			

Шкала оценивания:

∑ баллов	По национальной шкале	По шкале ЕКТС
90 - 100	отлично	A
82 - 89	хорошо	B
75 - 81	хорошо	C
69 - 74	удовлетворительно	D
60 - 68	удовлетворительно	E
35 - 59	неудовлетворительно с возможностью повторной сдачи	FX
1 - 34	неудовлетворительно с обязательным повторным курсом	F

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фізична та колоїдна хімія: Навч. пос. / А. І. Костржицький, О. Ю. Калінков, В. М. Тищенко, О. М. Берегова – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 496 с.
2. Мушкамбаров Н. Н. Физическая и коллоидная химия / Н. Н. Мушкамбаров – М.: Геотар – мед, 2001.
3. Стромберг А.Г. Физическая химия / А.Г.Стромберг, Д.П. Семченко – М.: Высшая школа, 2001.
4. Даниельс Ф., Альберти Р. Физическая химия / Ф.Даниельс, Р. Альберти – М.:Высшая школа, 1967.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии / Ю.Г. Фролов – М.: Химия, 1982.
6. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг – М.: Химия, 1984.
7. Практикум по физической и коллоидной химии. Под редакцией Воробьева Н.К. – М.: Химия, 1984.
8. Практические работы по физической химии. Под ред. К.П.Мищенко, А.А.Равделя. – Л.: Химия, 1982.
9. Мороз А. С. Фізична та колоїдна хімія / А. С. Мороз, А. Г. Ковальова – Львів: Світ, 1994. – 280 с.
10. Каданер Л. І. Фізична та колоїдна хімія / Л. І. Каданер – Київ: Вища школа, 1983. – 288 с., іл.
11. Білий О. В. Фізична хімія / О. В. Білий – Київ: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 364 с.
12. Воловик Л. С. Колоїдна хімія / Л. С. Воловик, Є. І. Ковалевська, В. В. Манк і ін. – К., 1999. – 238 с.

Информационные ресурсы

1. <http://www.websib.ru/noos/chemistry.htm>. Химическая литература.
2. <http://www.chemistryenc.h11.ru/statiorg/spiorg.htm>. Химическая энциклопедия.
3. <http://www.anriintern.com/chemistry>. Химическая литература.
4. <http://www.chemport.ru>. Химический портал. Словарь.
5. <http://chemister.fannet.ru/Books/Chembooks>. Химическая литература.
6. <http://chembook.narod.ru>. Химическая литература.

Содержание

Предисловие	3
Рабочая программа по физической и коллоидной химии	4
Техника безопасности в химической лаборатории и меры по оказанию первой медицинской помощи	14
Занятие № 1. Предмет и методы физической химии. Семинар	17
Занятие № 2. Агрегатное состояние вещества. Законы состояния идеальных и реальных газов. Семинар	17
Занятие № 3. Основы химической термодинамики. Семинар	18
Занятие № 4. Химическое равновесие. Семинар	20
Занятие №5. Определение активности йода методом распределения. Лабораторная работа	21
Занятие №6. Определение степени и константы диссоциации слабого электролита методом измерения электропроводности растворов. Лабораторная работа	23
Занятие № 7. Растворы электролитов. Семинар	29
Занятие № 8. Электрохимия. Семинар	29
Занятие №9. Изучение кинетики инверсии сахара. Лабораторная работа	31
Занятие № 10. Химическая кинетика и катализ. Семинар	34
Занятие №11. Определение размера частиц "белых зелей" оптическим методом. Лабораторная работа	36
Занятие №12. Определение краевого угла смачивания листьев растений водой и водными растворами ПАВ. Лабораторная работа	42
Занятие № 13. Коллоидные растворы и их свойства. Семинар	45
Занятие №14. Адсорбция уксусной кислоты на угле. Лабораторная работа	47
Занятие №15. Разделение пигментов хлорофилла методом адсорбционной хроматографии. Лабораторная работа	49
Занятие №16. Изучение коагуляции коллоидных растворов электролитами. Лабораторная работа	52
Занятие №17. Определение изоэлектрической точки белка. Лабораторная работа	56
Занятие №18. Изучение кинетики ограниченного набухания полимеров. Лабораторная работа	58
Занятие № 19. Физико-химические свойства растворов ВМС. Семинар	62
Задания для самостоятельной работы	63
Литература	69

Учебное издание

Галушко С.Н.

**ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ
ПРАКТИКУМ**
(на русском языке)

Учебное пособие для студентов
Естественно-географического факультета

*Адреса редакції: Уманський державний педагогічний університет імені Павла
Тичини, природничо-географічний факультет
вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна*

Підписано до друку 28.08.2017 р. Формат 60x90/16.
Ум.друк. арк. 2,6. обл.-вид.арк. 3,6
Папір офісний. Гарнітура Times.
Наклад 100 прим.

Віддруковано Видавництво „АЛМІ”
Свід.ДК – 74 від 01.06.2000 р.
20300, м.Умань, вул..Садова,4; тел/факс (04744) 5-26-70
e-mail: almi@ck.ukrtel.net