

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Кафедра физической и коллоидной химии

Е.Ю. Демьянцева

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ**

Санкт-Петербург

2019

УДК 544.77(07)

Демьянцева Е.Ю. Коллоидная химия: методические указания и контрольные задания для студентов заочного обучения /ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2019.- 24 с.

Предназначены для бакалавров заочного обучения направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Рецензент: канд.хим.наук, доцент кафедры органической химии ВШТЭ СПбГУПТД М.В. Шафеева.

Подготовлено и рекомендовано к печати в качестве методического пособия кафедрой физической и коллоидной химии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 7 от 25.06.2019).

Утверждено к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 4 от 25.06.2019).

© Демьянцева Е.Ю., 2019
© Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, 2019

Редактор и корректор Т.А. Смирнова
Техн. редактор Л. Я. Титова

Темплан 2019, поз. 85

Подп. к печати 03.07.2019. Формат 60x84/16. Бумага тип №1.
Печать офсетная. Печ.л.1,25; уч.-изд.л. 1,25. Тираж 50 экз.
Изд. № 85. Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, СПб., ул. Ивана Черных,4.

Содержание

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ	5
РАЗДЕЛ I.....	13
Методические указания.....	13
Вопросы для контрольного задания к разделу I.....	13
Задача к разделу I.....	14
РАЗДЕЛ II	17
Методические указания.....	17
Вопросы для контрольного задания к разделу II.....	17
Задача к разделу II.....	18
РАЗДЕЛ III.....	20
Методические указания.....	20
Вопросы для контрольного задания к разделу III.....	20
Задача к разделу III.....	21
РАЗДЕЛ IV	22
Методические указания.....	22
Вопросы для контрольного задания к разделу IV	22
Задача к разделу IV.....	24
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	24

Общие указания

Настоящие методические указания содержат программу курса коллоидной химии, методические указания каждому из разделов программы, список литературы, необходимой для изучения курса. В конце каждого раздела даны контрольные вопросы.

Студент выполняет одно контрольное задание. В задании включено 8 вопросов и 10 задач. Номер задания выбирается по последней цифре шифра зачетной книжки студента в соответствии с приведенной таблицей. В нем указаны номера вопросов, которые должны быть выполнены по каждому из четырех разделов пособия.

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0 (10)
Вопросы	1,11	2,12	3,13	4,14	5,15	6,16	7,17	8,18	9,19	10,20
Задачи	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10

К оформлению контрольных работ предъявляются следующие требования:

- работы выполняются в тетрадях (12 листов);
- переписываются условия задач и исходные данные для своего варианта;
- расчеты приводятся полностью с обязательным указанием единиц измерения всех необходимых величин;
- графики, которые необходимо выполнять по условию задачи, вычерчиваются на миллиметровой бумаге, соблюдая следующие условия:
- размер графика не должен быть меньше половины листа тетради;
- на осях координат масштабные единицы отмечаются через равные интервалы;
- точки должны наноситься на график в соответствии с выбранным масштабом без нанесения дополнительных линий их координат;
- точки соединяются плавной кривой так, чтобы большинство из них попало на кривую или были одинаково отдалены по обе стороны от кривой;

После выполнения лабораторных и контрольных работ студент сдает зачет или экзамен.

Основные понятия коллоидной химии

Абсорбция. Поглощение газов, паров или растворенных веществ во всем объеме жидкой или твердой фазы.

Агрегативная устойчивость. Способность дисперсной системы сохранять неизменной во времени степень дисперсности, т.е. размеры частиц и их индивидуальность. Для коллоидных систем специфична агрегативная неустойчивость, так как лиофобные системы обладают большим запасом свободной энергии на границе раздела фаз, вследствие чего всегда возможен процесс агрегации (слипания) частиц и уменьшения удельной поверхности. Для придания агрегативной устойчивости необходимо введение в систему стабилизатора.

Адгезия (от лат. adhaesio - прилипание). Взаимодействие поверхностей двух разнородных твердых или жидких тел.

Адсорбент. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция. По агрегатному состоянию адсорбент может быть твердым или жидким.

Адсорбтив. Вещество, молекулы которого могут адсорбироваться, но еще находятся в объемной фазе.

Адсорбция (от лат. ad – на, при и sorbeo – поглощение). Поглощение какого-либо вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твердого тела, т.е. самопроизвольное изменение концентрации компонента в поверхностном слое по сравнению с его концентрацией в объемной фазе.

Адсорбция абсолютная А. Количество вещества в поверхностном слое, приходящееся на единицу площади поверхности или единицу массы адсорбента $[A]=\text{моль/кг}; \text{моль/м}^2$

Адсорбция избыточная Г. Избыток компонента в поверхностном слое по сравнению с его количеством в объемной фазе, приходящийся на единицу площади поверхности $[\Gamma] = \text{моль/м}^2$.

Адсорбция молекулярная. Адсорбция из растворов неэлектролитов или слабых электролитов, при которой растворенные вещества адсорбируются на поверхности адсорбента в виде молекул.

Адсорбция мономолекулярная. Адсорбат покрывает поверхность адсорбента слоем толщиной в одну молекулу.

Адсорбция полимолекулярная. Полимолекулярные слои адсорбата на поверхности адсорбента. Она реализуется при адсорбции газов и паров при температуре ниже критической.

Броуновское движение. Непрерывное хаотическое движение ультрамикрорегетерогенных частиц в результате нескомпенсированных ударов, наносимых молекулами дисперсионной среды.

Вязкость. Сопротивление перемещению одних частей системы по отношению к другим.

Вязкость динамическая η . Коэффициент внутреннего трения. Сила, которую испытывает единица поверхности одного из взаимодействующих слоев со стороны другого слоя, если градиент скорости между слоями равен единице $[\eta]= \text{Па}\cdot\text{с}$

Вязкость кинематическая ν . Отношение динамической вязкости к плотности жидкости: $\nu= \eta/\rho$; $\nu =\text{м}^2/\text{с}$.

Гидрофильные поверхности. Это поверхность, смачиваемая водой. Если между нанесёнными на поверхность твёрдого тела водой и неполярным углеводородом краевой угол меньше 90° со стороны воды, то поверхность называют гидрофильной (или олеофобной). Гидрофобные поверхности. Это поверхность несмачиваемая водой. Если между нанесёнными на поверхность твёрдого тела водой и неполярным углеводородом краевой угол со стороны воды больше 90° , то такую поверхность называют гидрофобной (или олеофильной).

Дисперсность D. Величина, характеризующая размеры частиц дисперсной фазы в дисперсных системах: $D=1/a$, где a – линейный размер частицы. Количественное соотношение частиц различных размеров в системе характеризует ее полидисперсность. Системы с частицами одинакового размера называются монодисперсными, а с неодинаковыми – полидисперсными.

Дисперсные системы. Гетерогенные системы, в которых одна из фаз непрерывна, другие фазы раздроблены. Раздробленную часть дисперсной системы называют дисперсной фазой, а непрерывную, нераздробленную – дисперсионной средой. При размере частиц 10^{-7} м и меньше систему называют коллоидной.

Диффузия. Самопроизвольный процесс выравнивания концентраций в системе. Коэффициент диффузии D - количество вещества, продиффундировавшего через единицу площади в единицу времени
 $[D]=\text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$.

Изобары адсорбции. Зависимость величины адсорбции от температуры при постоянном давлении: $A=f(T)_P$

Изопикны адсорбции. Зависимость величины адсорбции от температуры при постоянной концентрации: $A=f(T)_C$

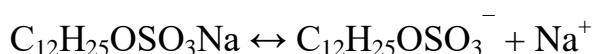
Изостеры адсорбции. Зависимость концентрации (или парциального давления) вещества в объеме от температуры при постоянной величине адсорбции: $C=f(T)_A$ или $P=f(T)_A$

Изотермы адсорбции. Зависимость величины адсорбции от концентрации (или парциального давления вещества) при постоянной температуре: $A=f(C)_T$ или $A=f(P)_T$.

Ионообменная адсорбция. Обратимый процесс стехиометрического обмена ионами между контактирующими фазами. Обычно одна фаза – раствор электролита, другая – ионит. Обе фазы сохраняют электронейтральность в течение всего процесса, так как обмен ионами между фазами строго эквивалентен.

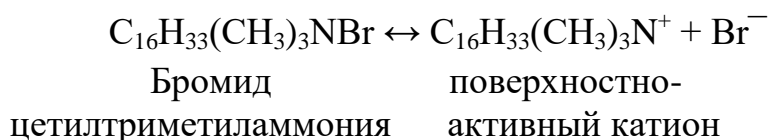
Ионогенные ПАВ. Имеют кислотные или основные группы, которые диссоциируют в водном растворе с образованием больших органических поверхностно - активных ионов. Они делятся на:

анионные (или анионоактивные), образующие в растворе поверхностно-активные анионы и гидратированные катионы, например, ионы щелочных металлов:



Додецилсульфат натрия поверхностно-активный анион

катионные (или катионоактивные), образующие при диссоциации поверхностно-активный катион:



амфотерные (или амфолитные), обладающие несколькими полярными группами, которые в растворе в зависимости от рН - среды могут проявлять свойства катионных или анионных ПАВ.

Кинетическая (седиментационная) устойчивость дисперсных систем. Способность дисперсной системы сохранять неизменным во времени распределение частиц по объему системы, т.е. способность системы противостоять действию сил тяжести. Нарушение её, приводящее к разрушению системы, вызывает седиментацию частиц, характерную для грубодисперсных систем. Высокодисперсные системы кинетически устойчивы, для них характерно установление диффузионно - седиментационного равновесия.

Коагуляция. Процесс слипания одинаковых по природе и знаку заряда поверхности частиц, приводящий вследствие потери агрегативной устойчивости к образованию более крупных агрегатов, что приводит к разрушению дисперсной системы, т.е. разделению её на фазы. Коагуляция протекает в термодинамически неустойчивых (лиофобных) дисперсных системах.

Коллоидные растворы (золи). Высокодисперсные гетерогенные системы, в которых хотя бы одно вещество находится в коллоидном состоянии.

Коллоидные ПАВ. Поверхностно-активные вещества, которые не только снижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз, но при определенных концентрациях способны к самопроизвольному образованию в объёме жидкой фазы термодинамически устойчивых (лиофильных) систем мицелл - агрегатов из десятков и даже сотен молекул ПАВ, т.е. новой фазы. Между молекулами коллоидных ПАВ, которые находятся в растворе в трёх различных состояниях, наблюдается динамическое равновесие: молекулы ПАВ на поверхности \leftrightarrow в растворе \leftrightarrow в составе мицелл. Это равновесие может смещаться в ту или иную сторону в зависимости от концентраций раствора, температуры, рН.

Краевой угол смачивания θ . Служит мерой смачивания и характеризует степень наклона поверхности жидкости к смоченной части поверхности твердого тела. Угол θ лежит между касательной, проведенной к поверхности капли из любой точки периметра смачивания, и твердой поверхностью. Величиной угла θ оценивают лиофильность и лиофобность поверхностей по отношению к различным жидкостям.

Лиофильные дисперсные системы. Самопроизвольно диспергирующиеся, термодинамически устойчивые дисперсные системы, в которых достаточно сильно выражено взаимодействие между веществом дисперсной фазы и дисперсионной средой. К ним относятся растворы ВМС (молекулярные коллоиды) и растворы коллоидных ПАВ (ассоциативные коллоиды).

Лиофобные дисперсные системы. Системы, не диспергирующиеся самопроизвольно, так как энергия связи внутри дисперсной фазы значительно больше энергии межфазного взаимодействия, т. е. дисперсная фаза "менее родственна" дисперсионной среде. Такие системы термодинамически неустойчивы, требуют специальной стабилизации, имеют четко выраженную поверхность раздела фаз.

Мицелла лиофильного золя. Представляет ассоциат дифильных молекул, лиофильные группы которых обращены к растворителю (воде), а лиофобные группы соединяются друг с другом, образуя ядро.

$\{m\text{RCOOMenRCOO}^- (n-x)\text{Me}^+ \}^{-\delta} x\text{Me}^+$, где R- углеводородный радикал; Me^+ - для твердых мыл Na^+ , а для жидких – K^+ или NH_4^+ . В неводных средах образуются мицеллы с противоположной ориентацией молекул.

Мицелла лиофобного золя. Представляет собой частицы дисперсной фазы в гетерогенно-дисперсной системе вместе с ДЭС.

Например, $\{m\text{SiO}_2n\text{SiO}_3^{2-} 2(n-x)\text{H}^+ \}^{-\delta} 2x\text{H}^+$ – мицелла золя SiO_2 , где $m\text{SiO}_2$ – агрегат; $n\text{SiO}_3^{2-}$ – потенциалопределяющие ионы; H^+ – противоионы; $m\text{SiO}_2n\text{SiO}_3^{2-}$ – ядро мицеллы; $n\text{SiO}_3^{2-} 2(n-x)\text{H}^+$ – адсорбционный слой; $m\text{SiO}_2n\text{SiO}_3^{2-} 2(n-x)\text{H}^+$ – коллоидная частица; $2x\text{H}^+$ – диффузный слой; $\{n\text{SiO}_3^{2-} 2(n-x)\text{H}^+ \}^{-\delta} 2x\text{H}^+$ – двойной электрический слой.

Моющее действие (способность). Характерно для мицеллярных водных растворов мыл и синтетических моющих веществ, обладающих способностью удалять загрязнения с различных поверхностей. Действующим началом всех моющих средств является ПАВ. Механизм моющего действия: 1) ПАВ улучшает смачивание загрязненных участков за счет снижения поверхностного натяжения раствора; 2) адсорбция ПАВ на частицах загрязнений способствует их отрыву от предмета при механическом воздействии; 3) пена уносит загрязнения (эффект флотации); 4) моющее действие ПАВ проявляется при концентрациях, превышающих ККМ, вследствие чего очистка от масляных загрязнений обусловлена сольubilизацией.

Порог коагуляции γ . Наименьшая концентрация электролита, при которой наблюдается коагуляция: $[\gamma] = \text{моль/л; ммоль/л}$.

Потенциал течения (протекания). Возникновение разности потенциалов на электродах, расположенных по обеим сторонам неподвижной капиллярно-пористой структуры при продавливании через нее жидкости под давлением P .

Поверхностная активность G . Способность вещества снижать поверхностное натяжение раствора: $G = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{d\sigma}{dC}$

Поверхностная энергия. Избыток энергии в поверхностном слое на границе двух фаз по сравнению с энергией в объеме этих фаз, обусловленное нескомпенсированностью межмолекулярных взаимодействий на границе раздела фаз. При постоянной температуре и давлении она определяется произведением поверхностного натяжения (фактор интенсивности) σ на площадь поверхности (фактор емкости) S : $G_S = \sigma \cdot S$. Величина G_S всегда больше нуля.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Вещества, снижающие при растворении поверхностное натяжение раствора. Поверхностное натяжение и полярность таких веществ меньше, чем растворителя, адсорбция положительна. Типичные ПАВ имеют дифильное строение. Вещество поверхностно-активное на одной границе раздела на другой может быть инактивным (не способным к адсорбции). Поверхностно-инактивные вещества (ПИАВ). Вещества, повышающие поверхностное натяжение раствора при растворении. Адсорбция таких веществ отрицательна. К этому классу относятся водные растворы электролитов. Поверхностное натяжение и полярность этих веществ больше растворителя. Поверхностный слой. Конечный по толщине слой вещества близ поверхности соприкосновения двух фаз, где состав и термодинамические характеристики отличны от тех, которые присущи объемам граничащих фаз. Поверхностный слой на границе конденсированных фаз часто называют межфазным слоем.

Свободнодисперсные системы. Бесструктурные системы, в которых частицы дисперсной фазы не связаны друг с другом в сплошную сетку и способны перемещаться в дисперсионной среде под влиянием броуновского движения или силы тяжести.

Связнодисперсные системы. Структурированные системы, в которых частицы дисперсной фазы связаны друг с другом за счет молекулярных сил.

Частицы дисперсной фазы не могут свободно перемещаться в дисперсионной среде и совершают только колебательные движения.

Седиментация. Оседание частиц дисперсной фазы в грубодисперсных системах под действием силы тяжести, всплывание частиц - обратная седиментация. Зная скорость оседания частиц, рассчитывают их радиусы:

$r = \sqrt{\frac{9\eta u}{2g(\rho - \rho_0)}}$, где ρ и ρ_0 – плотность дисперсной фазы и дисперсионной среды соответственно; g – ускорение свободного падения; η – вязкость дисперсионной среды.

Фаза - совокупность гомогенных частей гетерогенной системы, обладающих одинаковыми физическими и химическими свойствами и ограниченными поверхностью раздела. Система, состоящая из одной фазы, называется гомогенной, а из двух и более фаз – гетерогенной.

Флокулянты. Водорастворимые ВМС, которые при введении в дисперсную систему адсорбируются или химически связываются с поверхностью частиц дисперсной фазы и объединяют частицы в агломераты (флокулы), способствуя их быстрому осаждению. К ним относятся: желатин, крахмал, производные целлюлозы, поликремниевая кислота, полиакриламид и т.д.

Флокуляция. (от лат. *flocculi* – хлопья). Первая стадия коагуляции, при которой взаимодействие частиц происходит через прослойки дисперсионной среды. Эта коагуляция обратима. Переход геля в коллоидный раствор называется пептизацией.

Хемосорбция. Адсорбция, обусловленная образованием химической связи между молекулами адсорбента и адсорбата, при этом образуются поверхностные химические соединения. Молекулы адсорбата теряют свою индивидуальность, они могут отдавать или получать электроны, расщепляться. Хемосорбция необратима.

Электрокинетические явления. Явления, возникающие при перемещении друг относительно друга фаз, на границе раздела которых имеется ДЭС. По причинно-следственным признакам электрокинетические явления делят на две группы: 1-го рода, при которых относительное движение фаз обусловлено электрической разностью потенциалов - электрофорез и электроосмос; 2-го рода, в которых относительное движение фаз вызывает возникновение электрической разности потенциалов - потенциал течения, потенциал оседания.

Электроосмос. Направленное перемещение жидкости в пористых телах под действием приложенной разности потенциалов. Применяется при сушке пористых материалов.

Электрофорез. Направленное перемещение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием приложенной разности потенциалов. Применяется для нанесения покрытий, при фракционировании белков и минеральных дисперсий, в медицине.

Раздел I

Поверхностные явления, поверхностный слой и поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Методы измерения поверхностного натяжения. Адгезия, когезия, смачивание. Смачивание твёрдых поверхностей жидкостями. Краевой угол смачивания. Инверсия смачивания. Флотация, её виды и практическое значение этого процесса. Капиллярные явления. Адсорбционные равновесия. Основные понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбат; физическая и химическая (хемосорбция) адсорбция; виды зависимостей, используемые для описания адсорбции. Адсорбция на границе раствор – газ. Уравнение адсорбции Гиббса для разбавленных растворов, его анализ. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), их классификация. Поверхностная активность. Правило Дюкло-Траубе. Применение ПАВ.

Адсорбция на границе раздела твёрдое тело – газ. Мономолекулярная теория Ленгмюра. Уравнение Фрейндлиха. Адсорбция на поверхности раздела твёрдое тело – раствор. Адсорбция ПАВ. Правило уравнивания полярностей. Ионнообменная адсорбция. Иониты, их классификация. Обменная ёмкость. Роль ионного обмена в природе и технике.

Методические указания

Изучение поверхностных явлений занимает особое место ввиду широчайшего разнообразия поверхностей раздела в различных системах и процессов, идущих в них. Важно иметь представление о том, что практически всегда при наличии поверхности раздела фаз на ней идут адсорбционные процессы, во многом влияющие на ход гетерофазных реакций. Адсорбционные методы используют для очистки газов с невысоким содержанием газообразных и парообразных примесей. Адсорбция и ионный обмен широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворённых органических веществ после биохимической очистки, а также в технологических процессах водоподготовки при производстве пива и различных напитков.

Вопросы для контрольного задания к разделу I

1. Поверхность раздела и поверхностный слой. Особые свойства вещества в поверхностном слое.
2. Что называется поверхностным натяжением? Факторы, влияющие на поверхностное натяжение.
3. Ответьте (да, нет) на следующие утверждения:
 - а) поверхностная активность может быть только положительной;

- б) поверхностная активность адсорбируемого вещества тем больше, чем сильнее уменьшается поверхностное натяжение с увеличением его концентрации;
- в) вещество считается поверхностно-активным, если $(d\sigma/dc) > 0$;
- г) при увеличении длины углеводородного радикала ПАВ поверхностная активность уменьшается.
4. Какие вещества называются ПАВ? Особенности их строения на границе раздела жидкость-газ.
 5. Коллоидные растворы ПАВ, критическая концентрация мицеллообразования (ККМ).
 6. Что такое адсорбция? Виды адсорбции. Единицы измерения.
 7. Выведите уравнение Гиббса. Что называется поверхностной активностью?
 8. Напишите эмпирическое уравнение адсорбции. Как определить его константы? Укажите применимости этого уравнения.
 9. Напишите уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра. Как определить A_∞ и b графическим способом?
 10. Объясните физический смысл констант в уравнении Ленгмюра.
 11. Какая связь существует между уравнением адсорбции Гиббса и Ленгмюра?
 12. Напишите уравнение БЭТ. Как определяют константы в уравнении БЭТ?
 13. Изложите сущность метода БЭТ определения удельной активной поверхности адсорбента.
 14. В чем заключаются основные положения теории мономолекулярной адсорбции?
 15. Основные положения полимолекулярной адсорбции Поляни.
 16. Каковы особенности адсорбции твердыми адсорбентами из растворов? Каким правилам они подчиняются?
 17. Каковы особенности адсорбции твердыми адсорбентами из растворов электролитов? Что называют обменной адсорбцией ионов?
 18. Смачивание. Избирательное смачивание.
 19. Каким критерием определяется степень смачивания?
 20. Применение явлений смачивания. Флотация.

Задача к разделу I. На основании данных зависимости поверхностного натяжения водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) от концентрации при температуре 293 К (табл. 1) выполните следующие задания:

- рассчитайте, используя аналитический способ, величину гиббсовской адсорбции Γ ;
- постройте изотерму адсорбции;
- постройте изотерму поверхностного натяжения $\sigma=f(C)$ и определите величину поверхностной активности;
- проведите графическое дифференцирование изотермы поверхностного натяжения и рассчитайте величину адсорбции;

Сделайте выводы о точности аналитического и графического методов расчета величины адсорбции Γ .

Таблица 1

Вариант №	ПАВ	Концентрация $C \cdot 10^3$, кмоль/м ³	Поверхностное натяжение $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²
1	2	3	4
1	Пентанол, $(C_2H_5)_2CHOH$	0,000	72,75
		0,75	70,20
		1,580	68,00
		2,510	66,00
		3,980	64,00
		6,310	63,00
		10,000	62,00
		15,800	61,50
2	Гексанол $C_5H_{11}CH_2OH$	0,000	72,75
		0,350	60,00
		0,631	55,00
		1,260	50,00
		2,510	40,00
		3,980	35,00
		6,310	28,00
		10,000	20,00
3	Гептанол $CH_3(CH_2)_6OH$	0,000	72,75
		0,040	71,40
		0,100	70,50
		0,200	69,50
		0,316	68,50
		0,500	67,50
		0,794	67,20
		1,000	67,00
4	Октанол $CH_3(CH_2)_6CH_2OH$	0,000	72,75
		0,040	65,00
		0,100	58,00
		0,158	50,00
		0,251	40,00
		0,360	35,00
		0,631	28,00
		1,000	24,00

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
5	Нонанол $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_2\text{OH}$	0,000	72,75
		0,008	70,50
		0,016	68,50
		0,025	67,00
		0,040	66,00
		0,050	65,70
		0,080	65,00
		0,100	64,50
6	Гептановая кислота $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	0,000	72,75
		0,080	60,00
		0,160	50,50
		0,250	40,50
		0,400	35,00
		0,500	32,00
		0,630	30,00
		1,000	28,00
7	Нонановая кислота $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	0,000	72,75
		0,040	65,00
		0,080	58,00
		0,126	52,00
		0,300	43,00
		0,400	40,00
		0,500	38,00
		0,630	35,00
8	1,3-Бугандиол $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{-CH(OH)CH}_3$	0,000	72,75
		0,650	64,30
		1,440	60,00
		2,240	57,50
		3,300	55,00
		5,400	51,00
		7,000	48,60
		10,000	46,00
9	1,2-Этандиол $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	0,000	72,75
		0,400	70,00
		0,800	68,50
		1,500	67,51
		2,500	66,50
		3,000	66,00
		5,000	65,00
		6,500	64,50
10	Амиловый спирт $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	0,000	72,75
		1,500	64,00
		3,300	57,00
		6,600	50,20
		10,000	45,00
		15,000	40,40
		30,000	32,00

Раздел II

Дисперсные системы. Основные понятия: дисперсная фаза, дисперсионная среда, удельная поверхность и дисперсность. Классификация дисперсных систем: по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды; по кинетическим свойствам; по интенсивности взаимодействия между дисперсной фазой и дисперсионной средой; по дисперсности и пористости. Методы их получения и условия, которые необходимы для этого. Кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение, диффузия. Коэффициент диффузии. Уравнение Эйнштейна. Осмотическое давление коллоидных растворов. Седиментация. Уравнение Стокса. Седиментационный анализ фракционного состава суспензий и порошков. Оптические свойства дисперсных систем. Рассеяние света системами. Уравнение Рэлея. Нефелометрия. Поглощение света и окраска дисперсных систем. Турбидиметрия.

Методические указания

При изучении этих тем следует использовать знания, получаемые при рассмотрении всего предыдущего материала, и отмечать особенности, характерные для каждого класса. Значение рассматриваемых разделов обусловлено тем, что большинство реальных тел окружающей природы, а также полученных искусственно, представляют собой дисперсные системы. Свойства этих систем в значительной степени определяют физико-химические процессы, протекающие в самой системе. Изучение кинетических свойств дисперсных систем позволяет понять принцип одного из наиболее распространённых методов их анализа – седиментометрии. Качественные и количественные методы анализа дисперсных систем основаны на их оптических свойствах, позволяющих судить о наличии или отсутствии в системе коллоидных частиц, об их размерах, форме и концентрации (турбидиметрия, нефелометрия и методы, основанные на дифракции рентгеновских лучей и электронов).

Вопросы для контрольного задания к разделу II

1. Дайте определение дисперсных систем.
2. Какие существуют классификации дисперсных систем?
3. Методы получения дисперсных систем.
4. Почему небо днем имеет голубую окраску. А на закате красную?
5. Каким образом определяется размер частиц дисперсных систем?
6. Дайте понятие монодисперсных и полидисперсных систем.

7. Что такое “удельная поверхность”?
8. По каким признакам можно провести классификацию дисперсных систем?
9. Дать классификацию дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
10. Дать классификацию дисперсных систем в зависимости от размера частиц дисперсной фазы. Как классифицируются дисперсные системы по виду дисперсной фазы?
11. Как классифицируются дисперсные системы по структуре? Каким образом проводится классификация дисперсных систем по межфазному взаимодействию?
12. Назовите методы получения дисперсных систем.
13. Какова природа броуновского движения дисперсных систем? Какой величиной характеризуется интенсивность броуновского движения?
14. В чем заключается явление диффузии? Напишите уравнение Эйнштейна для коэффициента диффузии.
15. Для каких дисперсных систем применяют седиментацию в центробежном поле? Как в этом случае рассчитать радиус сферической частицы?
16. Какими оптическими свойствами обладает коллоидная система? Что такое оптическая плотность?
17. В чем заключается явление светопоглощения? Какие оптические приборы основаны на этом явлении?
18. В чем состоит явление светорассеяния? Напишите уравнение Рэлея. Дайте его анализ.
19. Какой принцип положен в основу устройства ультрамикроскопа? Как определить средний радиус частиц золя с помощью ультрамикроскопа?
20. Какой принцип заложен в основу устройства электронного микроскопа?

Задача к разделу II

1. Массовая концентрация мучной пыли в воздухе рабочих зон помещения мукомольных предприятий составляет $4,2 \text{ мг/м}^3$. Определить численную концентрацию мучной пыли, если средний диаметр частиц составляет $3,7 \text{ мкм}$, а их плотность равна $1,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
2. Суспензия кварца содержит сферические частицы, причем 30 % объема приходится на частицы, имеющие радиус $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, а объем остальных – на частицы радиуса $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$. Какова удельная поверхность кварца?

3. Приняв, что в золе серебра каждая частица представляет собой куб с длиной ребра $L = 4 \cdot 10^{-8}$ м, определите, сколько коллоидных частиц может получиться из $1 \cdot 10^{-4}$ кг серебра. Вычислите суммарную поверхность полученных частиц и рассчитайте поверхность одного кубика серебра с массой $1 \cdot 10^{-4}$ кг. Плотность серебра равна $10,5 \cdot 10^3$ кг/м³.
4. Золь ртути состоит из шариков диаметром $1 \cdot 10^{-8}$ м. Чему равна суммарная поверхность частиц золя, образующихся из 1 г ртути? Плотность ртути равна $13,56 \cdot 10^3$ кг/м³.
5. Вычислите удельную поверхность гидрозоль сульфида мышьяка As_2S_3 , средний диаметр частиц которого равен $1,2 \cdot 10^{-7}$ м, а плотность равна $3,43 \cdot 10^3$ кг/м³. Ответ дайте в м⁻¹ и в м²/кг.
6. Определите величину удельной поверхности суспензии каолина плотностью $2,5 \cdot 10^3$ кг/м³, состоящей из шарообразных частиц со средним диаметром $0,5 \cdot 10^{-6}$ м. Суспензию считайте монодисперсной. Ответ дайте в м⁻¹ и в м²/кг.
7. Найдите удельную поверхность угля, применяемого в современных топках для пылевидного топлива, если известно, что угольная пыль предварительно просеивается через сито с отверстиями $7,5 \cdot 10^{-5}$ м. Плотность угля равна $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Систему считайте монодисперсной. Ответ дайте в м⁻¹ и в м²/кг.
8. Удельная поверхность суспензии селена составляет $5 \cdot 10^5$ м⁻¹. Найдите общую поверхность частиц 3 г суспензии. Плотность селена равна $4,28 \cdot 10^3$ кг/м³.
9. Вычислите удельную поверхность 1 кг угольной пыли с диаметром частиц, равным $8 \cdot 10^{-5}$ м. Плотность угля равна $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³.
10. Вычислите суммарную площадь поверхности 2 г платины, раздробленной на правильные кубики с длиной ребра $1 \cdot 10^{-8}$ м. Плотность платины равна $21,4 \cdot 10^3$ кг/м³.

Раздел III

Электрические свойства дисперсных систем. Двойной электрический слой. Возможные механизмы его возникновения. Строение двойного электрического слоя. Электрокинетический потенциал. Строение мицеллы. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания. Исследование электрокинетического потенциала на границе твёрдая фаза – жидкость позволяют делать заключения о состоянии поверхности различных твёрдых тел. Электрокинетические явления лежат также в основе мембранных методов опреснения воды. Методы коагуляции и флокуляции являются основой для осветления дисперсных систем и удаления из них избытков дисперсных частиц.

Вопросы для контрольного задания к разделу III

1. Каково строение мицеллы? Напишите формулу мицеллы золя с положительно и отрицательно заряженной частицей
2. Каковы пути синтеза коллоидных систем? Приведите примеры синтеза золя методом диспергации и методом конденсации.
3. Как можно очистить коллоидную систему от примесей электролитов?
4. Назовите факторы стабилизации дисперсных систем. Приведите пример систем, стабилизированных адсорбционными слоями поверхностно-активных веществ.
5. Что такое коагуляция? Какие факторы могут ее вызвать?
6. Что такое порог коагуляции для электролита?
7. Как можно защитить гидрозоль от электролитной коагуляции. Приведите примеры защитных веществ.
8. Изложите основные положения теории устойчивости и коагуляции коллоидных систем по Дерягину.
9. Приведите потенциальные кривые устойчивой коллоидной системы и системы астабилизированной (координаты: энергия взаимодействия частиц - расстояние).
10. Для каких дисперсных систем в качестве стабилизаторов используют мыла, белки. Приведите пример.
11. Дайте пример коллоидной системы, стабилизированной структурно-механическим фактором.
12. В чем проявляется старение коллоидных систем?
13. Что такое перезарядка поверхности? Какие ионы могут ее вызывать?
14. Как возникает структура в коллоидных системах? Какие структуры называют коагуляционными?

15. Что такое тиксотропия?
16. Как зависит порог коагуляции от заряда коагулирующего иона? Сформулируйте правило Шульце.
17. Сравните правило Шульце с критерием устойчивости для сильно заряженных зольей по Дерягину.
18. Напишите уравнение Эйнштейна для определения вязкости. Укажите границы его применимости.
19. Зависит ли вязкость текущей жидкости от приложенного к ней напряжения?
20. Начертите кривые: вязкость – напряжение для нормальновязкой и структурированной систем.

Задача к разделу III

По данным табл. 2 напишите структурную формулу мицеллы гидрозоля А, если вещество В является электролитом-стабилизатором. Укажите знак электрического заряда коллоидных частиц. Постройте для гидрозоля А схему двойного электрического слоя согласно теории Штерна и схему падения в нём электрического потенциала. Объясните, какой потенциал обеспечивает устойчивость системы и как он изменяется при введении в систему электролитов – коагулянтов. Какой из введённых в систему электролитов С является наиболее экономичным коагулянтом для полученного золя?

Таблица 2

Вариант	Гидрозоль А	Электролит-стабилизатор В	Электролиты-коагулянты С
1	Сульфида ртути (HgS)	Нитрат ртути (Hg(NO ₃) ₂)	KCl; Zn(CH ₃ COO) ₂ ; AlCl ₃
2	Фторида бария (BaF ₂)	Фторид натрия (NaF)	K ₂ SO ₄ ; NH ₄ NO ₃ ; AlCl ₃
3	Сульфида меди (CuS)	Сульфат меди (CuSO ₄)	BaBr ₂ ; K ₂ SO ₄ ; NaCl
4	Фторида бария (BaF ₂)	Хлорид бария (BaCl ₂)	Na ₂ SO ₄ ; NH ₄ NO ₃ ; K ₃ PO ₄
5	Сульфата бария (BaSO ₄)	Серная кислота (H ₂ SO ₄)	KCl; Zn(CH ₃ COO) ₂ ; AlCl ₃
6	Иодида ртути (HgI ₂)	Нитрат ртути (Hg(NO ₃) ₂)	K ₂ SO ₄ ; NH ₄ NO ₃ ; AlCl ₃
7	Диоксида марганца (MnO ₂)	Перманганат калия (KMnO ₄)	Ba(NO ₃) ₂ ; CH ₃ COOK; Na ₂ SO ₄
8	Сульфида бериллия (BeS)	Нитрат бериллия (Be(NO ₃) ₂)	FeCl ₃ ; Cu(NO ₃) ₂ ; KBr
9	Фторида стронция (SrF ₂)	Фторид натрия (NaF)	FeCl ₃ ; Cu(NO ₃) ₂ ; KBr
10	Сульфата свинца (PbSO ₄)	Серная кислота (H ₂ SO ₄)	NaCl; K ₂ SO ₄ ; NH ₄ NO ₃

Раздел IV

Разные классы дисперсных систем. Аэрозоли. Методы получения и разрушения. Порошки. Методы получения. Слёживаемость, распыляемость. Гранулирование. Тиксотропия и синерезис, их значение и роль в промышленности. Суспензии. Методы получения. Устойчивость суспензий. Седиментационный анализ. Стабилизация суспензий. Пасты. Эмульсии. Методы получения. Классификация эмульсий. Эмульгаторы. Разрушение эмульсий. Пены.

Методические указания

При изучении этих тем следует использовать знания, получаемые при рассмотрении всего предыдущего материала, и отмечать особенности, характерные для каждого класса. Значение рассматриваемых разделов обусловлено тем, что большинство реальных тел окружающей природы, а также полученных искусственно, представляют собой дисперсные системы. Свойства этих систем в значительной степени определяют физико-химические процессы, протекающие в самой системе. Изучение кинетических свойств дисперсных систем позволяет понять принцип одного из наиболее распространённых методов их анализа – седиментометрии. Качественные и количественные методы анализа дисперсных систем основаны на их оптических свойствах, позволяющих судить о наличии или отсутствии в системе коллоидных частиц, об их размерах, форме и концентрации (турбидиметрия, нефелометрия и методы, основанные на дифракции рентгеновских лучей и электронов). Исследование электрокинетического потенциала на границе твёрдая фаза – жидкость позволяют делать заключения о состоянии поверхности различных твёрдых тел.

Вопросы для контрольного задания к разделу IV

1. Какие системы называют аэрозолями? Каковы особенности их агрегативной и кинетической устойчивости?
2. Назовите оптические свойства аэрозолей.
3. Каков механизм стабилизации эмульсий поверхностно-активными веществами? Твердыми порошками.
4. Какие системы называются суспензиями? Дайте примеры органо- и гидросуспензий и области их применения.
5. Сравните свойства аэрозолей и твердых зольей. Приведите примеры этих систем.

6. Какой вид устойчивости характерен для суспензии?
7. Какими свойствами должен обладать эмульгатор?
8. Как можно разрушить эмульсию?
9. Какие дисперсные системы называются пенами?
10. От чего зависит устойчивость пены? Как можно разрушить пену?
11. Что такое аэрозоли и какие их основные свойства?
12. Какова причина возникновения электрического заряда у частиц аэрозоля?
13. Чем объясняется взрывоопасность некоторых аэрозолей?
14. Какие существуют методы разрушения аэрозолей?
15. Какие дисперсные системы называются порошками, чем они отличаются от аэрозолей?
16. Какое практическое значение имеют дисперсные системы с твердой дисперсионной средой?
17. Как получают дисперсии полимеров? Приведите примеры
18. Какие системы называют студнями?
19. Дайте примеры ограниченного и неограниченного набухания студней. Как влияет температура на процесс набухания студней.
20. Синерезис. Его значение в промышленности.

Задача к разделу IV

На основании данных табл.3 определите величины обозначенные «?»

Таблица 3

Вариант	Вещество	Время осаждения t , мин	Радиус частиц r , мкм	Плотность, $\rho \cdot 10^{-3}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$		Вязкость дисперсионной среды $\eta \times 10^3, \text{Па} \cdot \text{с}$	Скорость осаждения U $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	Высота осаждения $h \times 10^2, \text{м}$
				Дисперсной фазы	Дисперсионной среды			
1	Мел	18	?	2,70	0,683	0,414	?	6,0
2	Оксид кальция	30	?	2,24	0,998	1,04	?	13,0
3	Оксид цинка	?	18,0	5,70	0,879	0,652	?	14,0
4	Гидроксид железа	?	9,0	3,90	0,998	1,04	?	18,0
5	Графит	35	?	2,10	0,879	0,652	?	16,0
6	Оксид алюминия	40	?	4,00	0,998	1,14	?	20,0
7	Иодид серебра	?	0,25	5,71	0,808	2,95	?	11,0
8	Оксид железа	?	0,15	5,25	0,998	1,04	?	8,0
9	Песок	55	?	2,10	0,998	1,04	?	22,0
10	Слюда	70	?	2,54	0,879	0,652	?	15,0

Библиографический список

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. - М.: Химия, 1982. – 463 с.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. - М.: Химия, 1975. – 512 с.
3. Фролов Ю.Г. и др. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии.- М.: Химия, 1986. – 156 с.
4. Зимон А.Д. Занимательная коллоидная химия.- М.: Изд-во "Агар", 2002. – 169 с.
5. Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы/ под ред. В.В. Назарова, А.С. Гродского - М.: Академкнига, 2007. – 372 с.
6. Щукин Е.Д., Перцев А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. - М.: Высшая школа, 2006. – 444 с.
7. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. - СПб.: Химия, 1995. – 400 с.