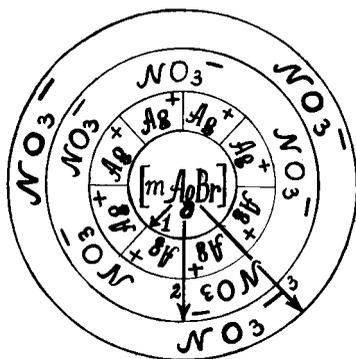


МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ БЕРУНИ



Методические указания к лабораторным работам
по курсу
“Коллоидная химия”



Ташкент 2011

Методические указания к лабораторным работам по курсу «Коллоидная химия». Составители: М.А. Эшмухамедов, К.М. Муминов, О.Б. Сагдуллаева, А.М. Бадриддинова., Муминова Л.С. Ташкент. ТашГТУ. 2011.

Методические указания предназначены для студентов бакалавров химических направлений технологических вузов Республики Узбекистан выполняющих практикум по коллоидной химии.

В методических указаниях приводятся теоретические материалы, сведения о лабораторных работах и практических занятиях по основным разделам коллоидной химии.

После каждой лабораторной работы для закрепления теоретического материала даны контрольные вопросы, которые могут быть использованы для текущего контроля. В конце практических занятий приведены вопросы и задачи для семинарских занятий.

Цель данной работы оказание помощи студентам в усвоении и закреплении теоретического материала основных разделов коллоидной химии.

Печатаются по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета

Рецензенты: к.х.н., доц. Нурманов С.Э (НУУз)
к.т.н., доц. Ризаев Т. (ТашГТУ)

ИНСТРУКЦИЯ

по правилам техники безопасности при работе в химической лаборатории

К работе в химической лаборатории могут быть допущены лица, прошедшие полный инструктаж и обучение безопасным методам работы. Инструктируемый должен изучить свойства важнейших химических веществ, с которыми он будет работать, обращение с лабораторной посудой и основными приборами, возможные вредности средства профилактики отравлений и первой помощи, противопожарный инвентарь и правила пользования им.

В здании лаборатории разрешается хранить запас легко воспламеняющихся и горючих жидкостей и газов, не превышающих суточной потребности каждого вида веществ. Хранят этот запас в специальном помещении (кладовой) или в специальных металлических ящиках, находящихся в помещении лаборатории.

В химических лабораториях часто проводятся работы под давлением, в вакууме, при высоких температурах, а также используются вещества, которые могут оказывать вредное воздействие на организм человека или обладать пожаро- и взрывоопасными свойствами.

Для выполнения этих работ необходимо иметь специальные знания и соблюдать необходимые меры безопасности.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Работать в химической лаборатории разрешается людям, прошедшим обучение безопасным методам труда, сдавшим экзамены и получившим допуск к самостоятельной работе.

За тридцать минут до начала проведения работы необходимо включить приточно-вытяжную вентиляцию. При этом вначале включают вытяжную вентиляцию, а потом приточную.

Работайте в спецодежде, спецобуви, имея при себе необходимые средства индивидуальной защиты.

Для безопасного выполнения работ ознакомьтесь с физико-химическими и токсикологическими свойствами применяемых веществ.

Содержите в чистоте рабочее место. Не загромождайте его реактивами, посудой, приборами, которые не используются при проведении данной работы.

Хранить химические вещества в таре, не имеющей надписи, запрещается.

Помните правила личной гигиены:

Хранить и принимать пищу на рабочем месте запрещается: применять лабораторную посуду для личного пользования недопустимо.

Работы, сопровождающиеся выделением вредных, пожаро- и взрывоопасных веществ, а также с образованием пыли или дыма, проводите в вытяжном шкафу.

Сдавать в мойку посуду из-под концентрированных кислот, едких и ядовитых продуктов можно только после ее полного освобождения и нейтрализации. Эти работы прделывает непосредственно работник, пользовавшийся посудой.

При сборке и разборке приборов и узлов, изготовленных из стекла, защищайте руки полотенцем.

При нагревании жидкости в пробирке направляйте ее отверстие в сторону от себя и находящихся рядом лиц.

Перед проведением работ с применением вакуума испытайте установку на герметичность.

Запрещается оставлять без присмотра включенные нагревательные приборы и работающее лабораторное оборудование.

Следите за исправностью заземления электрооборудования и электроинструмента, а также оборудования и механизмов, которые могут оказаться под напряжением.

О всех неисправностях электрооборудования и электросети сообщайте дежурному электрику. Ремонтировать электрооборудование самостоятельно запрещается.

На всех газовых и воздушных отключающихся устройствах должны быть надписи, а на пробковых кранах - видимые контрольные риски.

Для обнаружения утечки газа из газопроводов и газовых приборов пользуйтесь мыльной эмульсией. Проверять наличие утечки открытым огнем недопустимо.

II. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ С ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ) переносите в плотно закрытой посуде, помещенной в специальный металлический ящик с ручками.

Хранить легковоспламеняющиеся и горючие жидкости следует в закрытой толстостенной посуде, помещенной в металлические ящики с крышками, стенки и дно которых должны быть выложены асбестом. Общий запас одновременно хранящихся ЛВЖ не должен превышать суточную потребность.

Разлитые легковоспламеняющиеся жидкости засыпьте песком. Загрязненный песок соберите деревянной лопаткой или совком. Применение стальных лопат или совков запрещается.

Работая со щелочными металлами, помните, что при соприкосновении их с водой возникает взрыв.

Все работы с концентрированным пероксидом водорода, органическими и неорганическими пероксидами должны вестись в герметичной аппаратуре с применением защитных экранов.

В случае воспламенения горючих жидкостей перекройте краны газовой сети, выключите вентиляцию, обесточьте электроприборы. Применяйте эффективные для данного случая средства пожаротушения.

III. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ С ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Работать с чрезвычайно и высокоопасными веществами (ртуть металлическая, диоксид хлора и др.) рекомендуется в специально оборудованных шкафах типа "Изотоп".

В общих лабораторных помещениях разрешается проводить работы с переносными или стационарными приборами и аппаратами, в которых ртуть хорошо изолирована. Все приборы с ртутным заполнением должны быть установлены на эмалированных или окрашенных масляной краской металлических противнях и вытяжных шкафах, снабженных верхним и нижним отсосами.

Под рабочей поверхностью рабочих и лабораторных столов не должно быть ящиков и шкафов. Лабораторная мебель должна обеспечить возможность легко собрать пролитую ртуть, приме-

нять химические демеркуризаторы, а также исключить скопление ртути в щелях, неровностях рабочих поверхностей, попадание ртути на пол.

Приборы и установки с ртутным заполнением нельзя располагать непосредственно у дверей, проходов, оконных проемов, ориентированных на юг или юго-запад, вблизи нагретых поверхностей.

Категорически запрещается брать ртуть незащищенными руками или отсасывать ее ртом.

В лаборатории ртуть должна храниться в вытяжном шкафу в небьющейся посуде или толстостенной стеклянной посуде с притертыми пробками, установленной в амортизационном футляре на металлических поддонах. В небольшом количестве (20-30 мл) ртуть может храниться в запаянных стеклянных ампулах в лабораторных шкафах. Ампулы должны быть заключены в плотные футляры (пластмассовые или металлические), чтобы ртуть не разлилась при случайном повреждении ампул.

Запрещается выливать ртуть в канализацию.

Если ртуть случайно разольется в лаборатории, следует немедленно ее собрать. Чтобы ртуть не распространилась по помещению, собирать капли ртути начинают с периферии загрязненного участка пола по направлению к центру капли вначале собирают при помощи железных эмалированных совков и переносят в приемник из толстостенного стекла, предварительно заполненного подкисленным раствором KMnO_4 (1 г KMnO_4 на 1 л воды и 5 мл концентрированного HCl).

Можно собирать мелкие капли ртути с помощью пластинок из белой жести, предварительно натертых ртутью. Приставшие к амальгамированной поверхности капельки ртути стряхивают в сосуд с подкисленным раствором KMnO_4 .

Демеркуризация загрязненной ртутью площади проводится 10-12%-ным раствором FeCl_3 из расчета 0,5 литра раствора на 1 м² площади. Поверхность, покрытую раствором FeCl_3 , несколько раз протирают мягкой кистью или щеткой и оставляют до полного высыхания на 1 – 2 суток. После этого обработанную поверхность очищают, промывают сначала мыльной, а затем чистой водой.

Для приготовления растворов кислот добавляйте их в воду тонкой струёй при непрерывном перемешивании. Приливать воду в кислоту запрещается.

Кислоты, щелочи и другие едкие жидкости следует приливать при помощи стеклянного сифона с резиновой грушей.

После окончания рабочего дня отключите приборы и аппараты; приведите в порядок рабочее место; проверьте, закрыты ли форточки; перекройте газовый и водяной краны; выключите вентиляцию, общий силовой электрорубильник, освещение; закройте лабораторию на ключ и передайте его дежурному охраннику, о чем сделайте отметку в журнале.

ПОМНИТЕ!

Безопасность труда в химических лабораториях, прежде всего, зависит от повседневного выполнения правил техники безопасности

Литература

1. Рачинский Ф.Ю., Рачинская М.Ф. Техника лабораторных работ. -Л.: Химия, 1982. –430 с.
2. Заболотная В.И., Королев А.Д., Меры безопасности в химических лабораториях. -М.; Химия, 1984. – 31 с.

ВВЕДЕНИЕ

Термин “коллоиды” был введен в 1861 году английским учёным Т. Грэмом для описания свойств клееподобных растворов, не подчиняющихся закону Рауля, обладающих низкими значениями скорости диффузии, осмоса и другими аномальными свойствами, которые стали предметом изучения коллоидной химии.

Но уже в начале XX века профессор Петербургского университета Веймарн показал, что коллоиды – не особые вещества, а особое состояние веществ, определяемое степенью их раздробленности (дисперсности), и что каждое вещество может быть получено в коллоидном состоянии. В связи с этим термин “коллоиды” потерял свой первоначальный смысл, однако классическое название коллоидной химии по традиции сохранилось, хотя и не соответствует содержанию современной коллоидной химии.

По Ребиндеру современная коллоидная химия определяется как физикохимия поверхностных явлений и дисперсных систем.

Дисперсными называются микрогетерогенные системы, в которых мелкие частицы одного вещества равномерно распределены в среде другого вещества. При этом распределённые частицы называются дисперсной фазой, а среда, в которой они распределены, называется дисперсионной.

Дисперсные системы широко распространены в природе и технике в виде пористых, сыпучих, слоистых, волокнистых, поликристаллических и других тел, находящихся в состоянии суспензий, порошков, эмульсий, пен, паст и т.д.

Почвы, пески, горные породы, облака, туман, кометы, растения, продукты производства – металлические, полимерные, строительные, тканевые, бумажные, кожаные и др., а также продукты питания – все эти дисперсные системы являются объектами изучения коллоидной химии. Вследствие универсальности дисперсного состояния коллоидную химию называют физикохимией реальных тел.

Дисперсное состояние обуславливает наличие развитой поверхности и превалирующую роль поверхностных явлений во всех коллоидно-химических процессах – диспергации, экстракции, флотации, фильтрации, грануляции, нефтеотдачи и др.

Нет ни одного технологического процесса, который бы имел дела с дисперсными системами и поверхностными явлениями, вследствие чего прогресс технологии, её интенсификация, экономичность, оптимизация с утилизацией отходов и автоматизации в определённой мере связан с закономерностями коллоидной химии, изучение которой преследует цель – научить будущего инженера-технолога научно-обоснованному подходу к оценке поверхностных коллоидно-химических процессов в любой отрасли химической технологии.

Основные признаки дисперсных систем

Основными признаками дисперсных систем по Н.П. Пескову (1930 г.) являются:

- 1- микрогетерогенность
- 2- дисперсность.

1. Микрогетерогенность является универсальным признаком, указывающим на наличие значительной межфазной поверхности в коллоидных системах и характеризуется величиной поверхностного натяжения (σ):

$$\sigma = \frac{\Delta G}{S},$$

где ΔG – избыток поверхностной энергии или свободная поверхностная энергия;

S – площадь поверхности.

2. Дисперсность “Д” (или степень раздробленности) характеризуется размерами частиц дисперсной фазы или удельной поверхности “ $S_{уд}$ ”:

$$D = \frac{1}{r}, \text{ где } r \text{ – радиус частицы,}$$

$$S_{уд} = \frac{S_{общ}}{V}, \text{ где } S_{общ} \text{ – общая поверхность,}$$

V – объём дисперсной фазы.

Дисперсность и микрогетерогенность обуславливают особенности коллоидных растворов по сравнению с истинными:

- лабильность или изменчивость раствора при сохранении состава,
- невоспроизводимость коллоидного раствора,
- большую удельную поверхность, свободную поверхностную энергию и термодинамическую неустойчивость,
- способность к рассеиванию света,
- малую скорость диффузии и осмоса,
- явления электрофореза и электроосмоса,
- способность к диализу и др.

Связь между микрогетерогенностью “у” и дисперсностью “Д” даёт уравнение:

$$G = y S$$

Величина свободной поверхностной энергии “ G_S ” характеризует основное термодинамическое качество коллоидной системы и по этой величине можно классифицировать поверхностные явления.

Лабораторная работа № 1

Получение дисперсных систем методом химической конденсации (окисление, восстановление, реакция обмена и гидролиза) и очистка диализом.

1. Метод диспергации

Вследствие того, что истинно коллоидные системы занимают по размеру промежуточное положение между истинными (молекулярными) растворами и грубодисперсными системами, к их получению можно подойти с 2-х сторон, либо:

1) укрупнить частицы от молекулярных до коллоидных – конденсация,

2) размельчить частицы от грубодисперсных до коллоидных – диспергация

грубодисперсные	коллоидные	молекулярные
10^{-3} см	10^{-5} - 10^{-7} см	10^{-8} см

II путь

I путь

2. Конденсационный метод

В лабораторных условиях дисперсные системы получают конденсационным методом. Основное условие при получении коллоидных растворов конденсационным методом – нерастворимость образующихся частиц дисперсной фазы в данной дисперсионной среде. Образование новой фазы происходит из пересыщенного раствора, в котором сначала образуются зародыши, растущие в дальнейшем до размеров коллоидных частиц. Окончательный размер и количество частиц зависят от соотношения скорости возникновения зародышей и скорости их роста.

В настоящее время предлагается несколько механизмов конденсации (Фольмер, Беккер, Деринг, Френкель и др.).

По Таммону образование зародышей в гомогенной среде происходит самопроизвольно и скорость образования зародышей пропорциональна концентрации пересыщения:

$$I_I = K \frac{C_n - C_H}{C_H},$$

где I_I – скорость образования зародышей,
 C_n – концентрация пересыщенного раствора,
 C_H – концентрация насыщенного раствора,
 K – коэффициент пропорциональности.

Несмотря на ограниченность этой формулы, она указывает путь регулирования дисперсности при получении коллоидной системы, а именно: для повышения степени дисперсности необходимо увеличить значение C_n или уменьшить C_H .

Согласно другой точке зрения, образование зародышей происходит самопроизвольно, а на чужеродных центрах кристаллизации, т.е. конденсация наблюдается в гетерогенной среде.

По теории флуктуации общая скорость образования зародышей определяется не только вероятностью образования центров конденсации, но и доставкой вещества к этому центру:

$$V = A \cdot \theta^{-\left(\frac{\Delta G + E}{RT}\right)},$$

где V – общая скорость образования зародышей,
 G – энергия образования зародышей,

Е - энергия перехода вещества из раствора на поверхность зародыша,

А – коэффициент пропорциональности.

Согласно диффузионному механизму скорость роста кристаллов можно представить уравнением:

$$I_2 = \frac{D \cdot S}{-\delta} (C_{II} - C_{HI}),$$

где I_2 – скорость роста кристаллов,

S - поверхность кристаллов,

δ - толщина слоя раствора, через который происходит диффузия,

C_{II} – концентрация пересыщенного раствора,

C_{HI} – концентрация насыщенного раствора.

Если скорость образования зародышей значительно больше, чем скорость роста кристаллов (I_1 I_2), то образуется монодисперсный золь, в обратном случае – полидисперсный золь. На практике значения I_1 и I_2 регулируются добавлением определённых адсорбирующихся веществ – стабилизаторов, изменением температуры, вязкости среды и т.д.

Наиболее распространёнными в лабораторной практике методами получения являются:

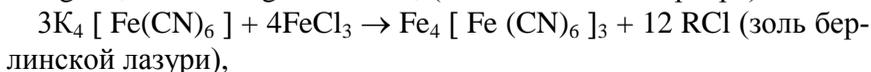
- 1) физическая конденсация,
- 2) замена растворителя,
- 3) химическая конденсация.

По первому методу пар определённого вещества конденсируют в жидкую дисперсионную среду (например, пары Hg пропускают через слой воды и получают устойчивую ртутную эмульсию).

По второму методу коллоидный раствор получают заменой хорошего растворителя на плохой. Например, спиртовой раствор канифоли (или серы) вливают в воду, которая не растворяет канифоль (или серу), но хорошо смешивается со спиртом. В результате получается устойчивый белый золь канифоли (или серы).

По третьему методу золь получают с помощью таких химических реакций, в результате которых образуются нерастворимые в данной среде вещества. Например,

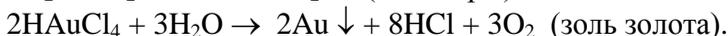
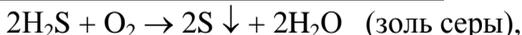
реакции обмена:



реакции гидролиза:



реакции окисления-восстановления:



Чтобы в результате реакции получился золь, растворы приливаются друг к другу по каплям при перемешивании определенной концентрации. Одно из исходных веществ берётся в избытке и играет роль стабилизатора.

На производстве конденсационные методы используются для получения сажи, аэросилы, высокодисперсных порошков металлов, промышленных аэрозолей (туманов), фармацевтических суспензий, в ректификационных аппаратах и т.д.

3. Методы пептизации

Пептизацией называется переход в коллоидный раствор свежееобразованных осадков. Зачастую пептизацию считают химической диспергацией. Различают: 1) пептизацию промыванием осадка; 2) пептизацию осадка электролитом; 3) пептизацию поверхностно-активными веществами; 4) химическую пептизацию.

В общем случае механизм пептизации заключается в адсорбции ионов или молекул ПАВ на поверхности частиц, в результате чего частицам сообщается заряд или адсорбционный слой, что способствует агрегативной устойчивости и переходу частиц во взвешенное состояние с образованием золя. Например, пептизатор FeCl_3 добавляется в осадку гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ионы Fe^{+++} адсорбируются поверхностью $\text{Fe}(\text{OH})_3$, при-

дают частицам положительный заряд. Частицы отталкиваются, что приводит к образованию золя гидрата окиси железа.

Практическая часть

Цель работы: получение коллоидных растворов (золей) для исследования их свойств – устойчивости, коагуляции, электрокинетических и вязкостных свойств.

В отчёт записать метод приготовления коллоидного раствора (например, химическую конденсацию, пептизацию и т.п.), реакцию получения трудно растворимого соединения и формулу мицеллы, учитывая экспериментально найденный знак заряда коллоидных частиц.

II. Химическая конденсация

Реакция восстановления

1. Золь диоксида марганца. Восстановление соли марганца ведут при помощи аммиака. 5 мл 1,5%-го раствора $KMnO_4$ разбавляют водой до 100 мл и нагревают до кипения. В течение примерно 15 мин вводят небольшими порциями (приблизительно по 0,5 мл) 5 мл концентрированного раствора аммиака. Образуется красно-коричневый золь диоксида марганца.
2. Золь диоксида марганца. Соль марганца восстанавливают гипосульфитом. Для этого 5 мл 1,5%-го раствора $KMnO_4$ разбавляют водой до 50 мл. В разбавленный раствор вводят по каплям 1,5-2 мл 1%-го раствора $Na_2S_2O_3$. Образуется вишнево-красный золь диоксида марганца.

Реакция обмена

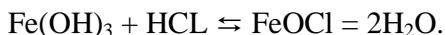
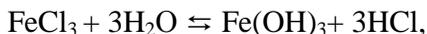
1. Золь берлинской лазури. 0,1 мл насыщенного на холоде раствора разводят в 100 мл воды. В разбавленный раствор вводят при взбалтывании 1 каплю 20%-го раствора $K_4[Fe(CN)_6]$. Образуется золь берлинской лазури синего цвета $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ – гексацианно (II) феррата железа (III).
2. Золь берлинской лазури. 0,5 мл 20%-го раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ разбавляют водой до 100 мл. К разбавленному раствору до-

бавляют при взбалтывании каплю насыщенного раствора FeCl_3 . Образуется прозрачный, синего цвета золь берлинской лазури. От двух капель раствора FeCl_3 золь синее ещё больше.

3. Золь йодида серебра. 10 мл 1,7%-го раствора AgNO_3 разбавляют до 100 мл водой и к разбавленному раствору добавляют при взбалтывании 10 капель 1,7%-го KI . Образуется голубоватый опалесцирующий золь йодида серебра.

Реакция гидролиза

1. Золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (метод Крекке). Принадлежности для работы: треножник, асбестированная сетка, газовая горелка, коническая колба на 150 мл, капельная пипетка, 20%-й раствор FeCl_3 , дистиллированная вода, 2н раствор углекислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Реакция получения гидроксида железа (III) идёт по схеме:



Поверхностные молекулы агрегата $\text{Fe}(\text{OH})_3$ вступают в химическое соединение с HCl . Молекула FeOCl , подвергаясь диссоциации, образует ионы FeO^+ и Cl^- .

Описание работы: 100 мл дистиллированной воды нагревают до кипения. Затем в кипящую воду по каплям добавляют 5-10 мл 20%-го раствора FeCl_3 . Получают коллоидный раствор гидроксида железа (III) интенсивного красно-коричневого цвета. Руководствуясь правилом С.М. Липатова, заключающегося в том, что из растворов на поверхности коллоидных частиц адсорбируются ионы, близкие по своей природе к составу ядра, схематически можно изобразить строение частиц золя гидроксида железа (III) следующим образом:



2. Золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (метод Т. Грема). К 80 мл 1 н раствора хлорного железа FeCl_3 при интенсивном размешивании прибавляют по каплям 2 н раствор углекислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (примерно 20 мл) до появления красно-коричневого цвета. В свежеполучен-

ном растворе частицы заряжены отрицательно, после диализа они приобретают положительный заряд.

II. Пептизация

1. Золь гидроксида железа (III). Гидроксид железа (III) получают при взаимодействии хлорида железа (III) с аммиаком, для чего 1 мл насыщенного (без нагревания) раствора FeCl_3 разбавляют водой до 20 мл. К раствору FeCl_3 прибавляют концентрированный раствор аммиака и получают осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Осадок декантируют несколько раз водой для удаления электролитов и обрабатывают разбавленным раствором хлорида железа (III), для чего 2 мл его насыщенного раствора разводят водой до 10 мл. Образуется вишнево-красный золь гидроксида железа.

2. Золь гидроксида аммония. 10 мл 20%-го раствора $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ разбавляют водой до 100 мл. К разбавленному раствору добавляют при взбалтывании 5 капель (около 0,2 мл) 30%-го раствора AlCl_3 . Образуется бесцветный опалесцирующий золь гидроксида алюминия.

Очистка коллоидных растворов

Зачастую в коллоидных растворах содержатся низкомолекулярные примеси, которые понижают устойчивость системы. Поэтому золи необходимо от них очищать с помощью диализа, электродиализа или ультрафильтрации.

Метод диализа основан на свойствах полупроницаемых мембран пропускать молекулы низкомолекулярных соединений и задерживать коллоидные частицы. Диализатор представляет собой мешочек из полупроницаемой мембраны, в которой помещается диализуемый раствор (рис.1). Этот мешочек опускается в сосуд с водой. Частая смена воды способствует вымыванию низкомолекулярных примесей и очистке золя.

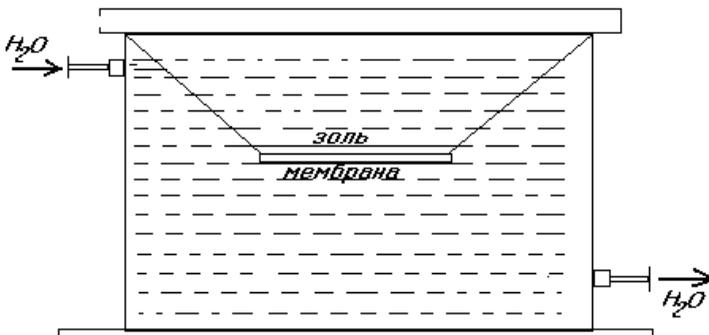


Рис. 1. Схема диализа.

Вопросы текущего контроля

1. Что называется дисперсной системой?
2. Чем отличаются дисперсные системы от истинных растворов?
3. Какие основные признаки дисперсных систем?
4. Расскажите о методах получения дисперсных систем.
5. В чём заключается метод диспергации получения дисперсных систем?
6. Объясните метод физической конденсации дисперсных систем.
7. Напишите реакцию получения дисперсных систем методом химической конденсации.
8. Как очищаются дисперсные системы от примеси низкомолекулярных веществ?
9. Сущность очистки методом диализа.
10. Что такое ультрафильтрация и на чём она основана?

Литература

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия, 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А.. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия, 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г.. Практикум по коллоидной химии. М.: Высшая школа, 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г.. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия, 1986, С. 159-167.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВ КОАГУЛЯЦИИ ЗОЛЯ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ. ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ШУЛЬЦА- ГАРДИ.

Коагуляцией называется процесс нарушения агрегативной устойчивости вследствие слипания коллоидных частиц в агрегаты и выпадения их в осадок. В процессе коагуляции различают две стадии: скрытую коагуляцию без явных внешних изменений и явную коагуляцию, когда наблюдаются резкие изменения в системе (перемена цвета, помутнение, образование геля, выпадение осадка и др.).

Коагуляция может происходить под действием света, тепла, механических колебаний, жёстких излучений, добавок ПАВ и т.д. Самым же эффективным является действие электролитов. По действию электролитов разделяют коагуляцию лиофобных зелей, подчиняющуюся правилу Шульца-Гарди, и коагуляцию лиофильных зелей, не подчиняющуюся правилу Шульца-Гарди.

Работа 2.1

Изучение коагуляции дисперсных систем в присутствии электролитов. Определение порога коагуляции электролитов, изучение правила Шульца-Гарди.

Коагуляция лиофобных зелей электролитами характеризуется порогом коагуляции. Порог коагуляции g – это минимальное количество электролита, вызывающее явную коагуляцию за определенное время. Порог коагуляции выражается в _оль/л или мг-экв/л золя. На практике порог коагуляции определяется по явным признакам – появлению мути, осадка, изменению цвета, оптической плотности и др. Величина g колеблется от 0,5 ммоль/л до 110 ммоль/л в зависимости от природы золя и электролита. Обратная порогу коагуляции величина называется коагулирующей способностью электролита. По правилу Шульца-

Гарди (1882 г.) коагулирующий ион имеет знак, противоположный заряду коллоидных частиц, а порог коагуляции тем меньше, чем больше валентность коагулирующего иона. Так, катионы вызывают коагуляцию отрицательно заряженных зольей AgI, MnO₂, берлинской лазури и Fe(OH)₃, Al(OH)₃ и др. Практически найденные для золь As₂S₃ пороги коагуляции для одно-, двух- и трёхвалентных катионов имеют следующие соотношения:

$$1 : 7 : 531 \text{ (Фрейндлих)}$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_1} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_3} \qquad 1 : 20 : 350 \text{ (Шульц)}$$

$$1 : 20 : 1500 \text{ (Линдер)}$$

Эти соотношения показывают, во сколько раз возрастает коагулирующая способность ионов в зависимости от валентности. Неоднозначность результатов объясняется разными условиями получения и лабильностью коллоидной системы. Ионы одинаковой валентности по коагулирующему действию располагаются в обычный лиотропный ряд:



Согласно теоретическим расчётам Дерягина порог коагуляции для сильно заряженных зольей связан с валентностью коагулирующего иона соотношением, называемым законом Z^6 :

$$\gamma = C \frac{C^3 (KT)^5}{A^2 e^6 Z^6} \quad \text{или} \quad \gamma = \frac{\text{const}}{Z^6},$$

где Z – валентность коагулирующего иона,

e - заряд электрона, T – температура, C, K - константы.

Практическая часть

Цель работы: определить наименьшую концентрацию электролитов, вызывающих коагуляцию за определённый промежуток времени, т.е. порог коагуляции.

Порог коагуляции определяется при добавлении солей KCl, K₂SO₄, AlCl₃ и др. (по заданию преподавателя) в зависимости от заряда частиц золя. Приготовить для работы 9х3 чистых пробирок, пипетку или пробирку с делениями. Растворы золь можно прибавлять по схеме (например, для отрицательно заряженного золя):

Таблица 1

№ п/п	Золь ,мл	H ₂ O, мл	Э л е к т р о л и т ы					
			KCl		K ₂ SO ₄		AlCl ₃	
			Кол- во, мл	Нали- чие осад- ка	Кол- во, мл	Нал- ичие осад- ка	Кол- во, мл	Нал- ичие осад- ка
1.	5	5	-	-	-	-	-	-
2.	5	0	5	-	5	-	5	-
3.	5	1	4	-	4	-	4	-
4.	5	2	3	-	3	-	3	-
5.	5	2,5	2,5	-	2,5	-	2,5	-
6.	5	3	2	-	2	-	2	-
7.	5	3,5	1,5	-	1,5	-	1,5	-
8.	5	4	1	-	1	-	1	-
9.	5	4,5	0,5	-	0,5	-	0,5	-

После добавления электролита пробирки остаются в покое в течение 15, 30, 60 мин, после чего фиксируются наличие коагуляции знаком (+) и отсутствие коагуляции знаком (-). Наличие коагуляции устанавливается по изменению окраски, появлению мути, выпадению осадка и др.

Расчёт порога коагуляции

1. Порог коагуляции можно выразить в моль (1 л) золя:

$$\gamma = \frac{c \cdot n}{\left(1 + \frac{a}{b}\right)^z} \cdot 1000, \frac{м \cdot моль}{1к \cdot золь}$$

где С – концентрация электролита (нормальность),

- n – валентность коагуляционного иона,
- a – количество воды, мл,
- в – количество электролита, мл,
- 2 – член, учитывающий разбавление электролита золев.

2. Можно рассчитать другим методом:

$$\gamma = \frac{C_{эл} - V_{эл}}{V_{золь}},$$

- где $C_{эл}$ – концентрация электролита,
 $V_{эл}$ – минимальное количество электролита, при котором наблюдается коагуляция,
 $V_{золь}$ – 5 мл золя.

3. Порог коагуляции рассчитывается также по формуле:

$$\gamma = 1000 \cdot CN \frac{V_1}{V_{общ}}$$

- где C – концентрация электролита (нормальность),
 N – валентность коагулирующего иона,
 V_1 – наименьшее количество электролита (мл), вызывающее коагуляцию,
 $V_{общ}$ – общий объём смеси (золь-вода-электролит).

Далее необходимо проверить подчинение гидрофобного золя правилу Шульце-Гарди, согласно которому:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_1} : \frac{\gamma_1}{\gamma_2} : \frac{\gamma_1}{\gamma_3} = 1 : 20 : 1000$$

Вопросы текущего контроля

1. Почему дисперсные системы называют термодинамически неустойчивыми?
2. Какие типы устойчивости вы знаете?
3. Объясните факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем.

4. Какова сущность современной теории устойчивости ДЛФО?
5. Что такое коагуляция?
6. Как происходит быстрая и медленная коагуляция?
7. Что такое порог коагуляции?
8. Зависимость коагуляции от валентности коагулирующего иона электролита. Объясните правило Шульца-Гарди.
9. Что такое концентрационная и нейтрализационная коагуляция?
10. Как происходит коагуляция в присутствии смеси электролитов?

Работа 2.2.

Изучение электрических свойств дисперсных систем.

Определение знака заряда частицы и величины электрокинетического (ζ -дзета) потенциала методом электрофореза.

Многие специфические свойства коллоидных систем (устойчивость, коагуляция, структурообразование и др.) объясняются наличием и строением адсорбционных ионных слоев, окружающих агрегат мицелл и придающих поверхности коллоидных частиц заряд.

Заряд поверхности является причиной электрокинетических явлений – электрофореза, электроосмоса, потенциалов протекания и потенциалов седиментации.

Под действием внешнего электрического направления, приложенного к коллоидной системе, может происходить или передвижение частиц относительно неподвижной дисперсионной среды – электрофорез, или движение среды относительно неподвижной твёрдой поверхности – электроосмос.

Если же заставить двигаться одну из фаз относительно неподвижной другой, то будут обнаруживаться потенциалы, называемые:

- 1) потенциалом седиментации, при движении частиц относительно жидкости (эффект Дорна),
- 2) потенциал протекания при протекании жидкости через пористое тело (эффект Квинке).

Обнаруживаемый во всех этих случаях потенциал называется электрокинетическим или ζ - потенциалом (дзета - потенциалом).

Для объяснения причины существования электрокинетического потенциала у коллоидных частиц рассмотрим строение двойного слоя ионов на их поверхности. Ионные слои возникают на поверхности раздела фаз следующим образом: а) при переходе ионов с поверхностного слоя в раствор, например:



б) при диссоциации поверхностных молекул. Например, на поверхности SiO_2 , находящегося в воде в результате гидролиза, образуется поверхностное соединение H_2SiO_3 , которое диссоциирует, при чём в раствор переходят ионы H^+ , а на поверхности SiO_2 остаются ионы SiO_3^{2-} и, наконец,

в) на твёрдой поверхности из раствора электролита избирательно адсорбируются ионы одного вида, заряжая поверхность, а ионы с противоположным знаком остаются в растворе.

В коллоидных системах наблюдаются, главным образом, два последних случая.

Электрофорезом называется движение частиц дисперсной фазы относительно дисперсной среды под действием внешнего электрического поля.

При электрофорезе происходит направленное перемещение частиц дисперсной фазы в электрическом поле постоянного тока к электроду, знак которого противоположен знаку заряда частиц. Подвижность частиц в электрическом поле обусловлена тем, что при наложении внешней разности потенциалов происходит разрыв двойного ионного слоя по границе (поверхности) скольжения и частица получает заряд, соответствующий ζ – потенциалу. Противоионы диффузионного слоя перемещаются при этом к противоположному электроду. Очевидно, что скорость движения частиц дисперсной фазы пропорциональна величине и ζ - потенциала. Наблюдая электрофоретическое движение частиц, можно определить знаки и величину ζ - потенциала.

Практическая часть.
Определение электрокинетического потенциала
методом электрофореза.

Цель работы – определить скорость движения коллоидной частицы на границе коллоидный раствор – дисперсионная среда в электрическом поле.

С этой целью коллоидный раствор помещают в электрическое поле. Тогда происходит разрыв – коллоидная частица двигается к одному полюсу, а дисперсионная среда к другому. Скорость этого передвижения зависит от величины заряда коллоидной частицы и от толщины диффузионного слоя, напряжения поля. По скорости движения частицы в электрическом поле определяют величину ζ – потенциала:

$$\zeta = \frac{4\pi \cdot \eta \cdot v}{H \cdot E},$$

где H – градиент потенциала, ϵ - диэлектрическая проницаемость растворителя, η – вязкость раствора, v - скорость перемещения границы золь.

Для измерения знака и величины заряда коллоидных частиц применяют прибор, предложенный Чайковским (рис.2).

Прибор представляет собой трёхколенный сосуд 1, два колена которого градуированы. В прибор наливают боковую жидкость (воду или ультрафильтрат) примерно до половины высоты градуированных трубок, затем в среднее колено через пробку вставляют воронку 4 с краном 3, которую предварительно наполняют коллоидным раствором. Осторожно им медленно открывают кран 3 и коллоидный раствор наполняет прибор снизу, вытесняя вверх воду. При осторожном заполнении прибора между зольем и водой образуется чёткая граница раздела. Закрыв кран 3, отмечают положение границы раздела в обоих градуированных коленах прибора, опускают в них электроды и измеряют скорость перемещения границы раздела золь - вода.

Чтобы избежать газовыделения на электродах пользуются агар-агаровыми ключами 2, с помощью которых соединяют прибор

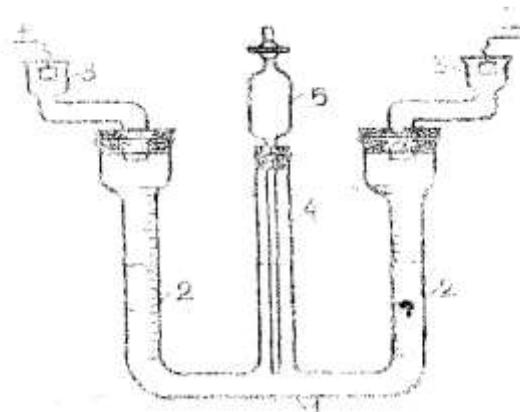


Рис. 2. Прибор для изучения электрофореза с обратимыми электродами – медные электроды в растворе медного купороса.

Источник постоянного тока должен иметь достаточно высокое напряжение (в порядке 100-200 В).

После заполнения прибора боковой жидкостью и золем включается напряжение и измеряется секундомером время, за которое уровень окрашенного столба жидкости перемещается, например на 1 мм, 2 мм, 3 мм, 5 мм и т.д.

Результаты наблюдений заносят в таблицу:

Время, сек	Пройденный путь, см	Длина сосуда, см	Напряжение, вольт
ϕ	S	l	V

Знак заряда коллоидных частиц определяется по направлению перемещения окрашенного золя. Например, отрицательно заряженные частицы двигаются в направлении к положительному электроду (аноду).

Величина заряда частицы характеризуется, в основном, значением ζ – потенциала, определяемого по скорости перемещения золя.

Измерив гибкой проволокой расстояние между электродами АВСД (концами агаровых сифонов, погруженных в боковую жидкость или границами растворов серноокислой меди в приборе) определяют среднюю величину градиента потенциала H :

$$H = \frac{V}{300 \cdot \ell} \quad \text{- абс. ст. единица}$$

Величину (расстояние АВСД) необходимо измерить 5-6 раз и взять среднее значение, затем вычисляют электрофоретическую скорость по уравнению:

$$U = \frac{S}{\tau \cdot H}, \quad \text{где}$$

S – путь (см), пройденный окрашенной границей за время τ . Зная U , можно вычислить в абсолютных единицах величину потенциала по уравнению:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta}{D} \cdot K \cdot 300 \quad \text{(по теории Гельмгольца),}$$

где D – диэлектрическая проницаемость жидкости,

η – её вязкость,

K – постоянная, зависящая от формы (для сферических частиц $K=6$, для цилиндрических $K=4$)

Для воды $D=81$, а $z = 0,01005$ при температуре 20°C и $0,00894$ при температуре 25°C .

Абс. ст. ед. – абсолютная статистическая единица.

Вопросы текущего контроля

1. Механизм образования двойного электрического слоя в дисперсных системах.
2. Что называется электрофорезом и электроосмосом?
3. Расскажите об эффекте Дорна и Квинке.
4. Строение двойного электрического слоя по Гельмгольцу и Гуи-Чепмену.

5. Теория строения двойного электрического слоя по Штерну.
6. Что называется электрокинетическим потенциалом?
7. Как отличаются ж - потенциал от общего ц - потенциала?
8. Что называют мицеллой? Объясните строение мицеллы.
9. Объясните строение мицеллы AgI (потенциал, определяющий ион I⁻), FeOH₃ (потенциал, определяющий ион Fe⁺³) и Fe₄[Fe(CN)₆]₃ (с потенциалом, определяющим ионы Fe⁺³).
10. Как определяется дзета- ж потенциал на практике?

Литература.

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А.. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. –М.; Химия. 1986. С. 159-167.

Лабораторная работа № 3

АДСОРБЦИЯ

Адсорбцией называется самопроизвольное сгущение газообразного или растворённого вещества на поверхности раздела фаз.

Поглощаемое вещество принято называть адсорбтивом, а поглощающее – адсорбентом.

В зависимости от агрегатного состояния адсорбента и адсорбтива различают 3 вида адсорбции:

- а) адсорбция растворённого вещества на границе раствор/газ;
- б) адсорбция газа (или пара) на твёрдой поверхности (газ / твёрдое тело);
- в) адсорбция растворённого вещества на твёрдом теле.

Причиной адсорбции является наличие на поверхности раздела избыточного количества свободной энергии (поверхностного натяжения).

Поверхностное натяжение

Рассмотрим механизм возникновения поверхностного натяжения с позиции межмолекулярного взаимодействия.

На молекулу “а”, находящуюся внутри жидкости (рис. 3 положение 1), действуют силы взаимного притяжения со стороны всех окружающих её соседних молекул. Равнодействующая этих сил в положении 1 равна 0.



Рис 3.

Если же молекула “а” находится на поверхности жидкости, то она испытывает притяжение только со стороны молекул жидкости, т.к. в газообразной фазе (пар над жидкостью) молекулы удалены друг от друга на большие расстояния, действующие между ними силы взаимного притяжения ничтожны. Молекула “а” практически испытывает притяжение только со стороны молекул жидкости и равнодействующая молекулярных сил, действующих на эту молекулу, направлена внутрь жидкости (вектор К).

Некомпенсированность межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела фаз обуславливает избыток поверхностной энергии И(или свободную поверхностную энергию). Свободная энергия “ U_6 ”, приходящаяся на 1 см^2 поверхности “S”, называется поверхностным натяжением “ γ ”:

$$\sigma = \frac{G_s}{S}$$

С термодинамических позиций определение поверхностного натяжения вытекает из объединённого уравнения 1 и 2 законов термодинамики:

$$dG = -S dT + V dP + y dS + \sum_{Midni} + \gamma d q$$

$$dU = T dS - p d v + y d S + \sum_{Midni} + \gamma d q$$

$$dF = -S dT + p d v + y d S + \sum_{Midni} + \gamma d q$$

$$dH = T d S + v d p + y d S + \sum_{Midni} + \gamma d q$$

Адсорбция ПАВ (поверхностно-активные вещества) на границе раствор-газ

При растворении ПАВ (например, спирты) в воде происходит выталкивание молекул ПАВ на поверхность из объёма раствора. С позиций межмолекулярного взаимодействия это связано с тем, что взаимодействие молекул воды сильнее, чем взаимодействие менее полярных молекул ПАВ между собой, поэтому последние самопроизвольно переходят на поверхность.

С термодинамических позиций любая система стремится снизить свободную энергию до равновесия. Поверхностная энергия $G_S = y S$ может быть уменьшена при растворении ПАВ за счёт понижения поверхностного натяжения, связанного с определённой ориентацией дифильных молекул ПАВ на границе жидкость – воздух. Гидрофобная часть ориентируется в фазу “воздух”, гидрофильная – в воду, что уменьшает некомпенсированность межмолекулярных взаимодействий на границе жидкость – газ.

Процессу перехода молекул ПАВ на поверхность препятствует диффузия. После установления равновесия в поверхностном слое концентрация ПАВ окажется больше, чем в объёме раствора. Этот избыток вещества на единицу поверхности и есть количество адсорбированного вещества (Γ).

Связь между адсорбцией (Γ), поверхностным натяжением (y) и концентрацией раствора (C) устанавливается с помощью термодинамического уравнения Гиббса (1857 г.), являющегося фундаментальным, т.к. объективно описывает адсорбцию на любой границе раздела фаз:

$$\Gamma = -\frac{0}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$$

Если поверхностное натяжение увеличивается с повышением концентрации растворённого вещества, т.е. $\frac{d\sigma}{dc} > 0$, то $\Gamma < 0$ (отрицательная адсорбция). Это означает, что в поверхностном слое концентрация вещества меньше, чем в объёме. Если γ уменьшается с увеличением концентрации, т.е.

$\frac{d\sigma}{dc} < 0$, то $\Gamma > 0$ (положительная адсорбция). Величина

$g = -\frac{d\sigma}{dc}$ названа по предложению Ребиндера поверхностной активностью вещества. Она определяет способность вещества к адсорбции и зависит от химического состава. Чем больше полярных групп в молекуле, тем меньше “g”. По мере увеличения длины углеводородного радикала поверхностная активность “g” возрастает.

Молекулярная адсорбция из растворов

Адсорбция из растворов может быть рассчитана по уравнению Фрейндлиха $\frac{X}{m} = \beta \cdot C^{1/n}$ или Ленгмюра

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{KC}{1+KC}$$

Однако на практике используют эмпирическое уравнение:

$$\Gamma = \frac{(C_0 - C_{равн}) \cdot V}{m},$$

где C_0 – начальная концентрация раствора до адсорбции,
 $C_{равн}$ – равновесная концентрация раствора после адсорбции,
 V – объём раствора,
 m – навеска адсорбента.

Адсорбция считается положительной, если из раствора адсорбируется растворённое вещество и отрицательной, если адсорбируется растворитель.

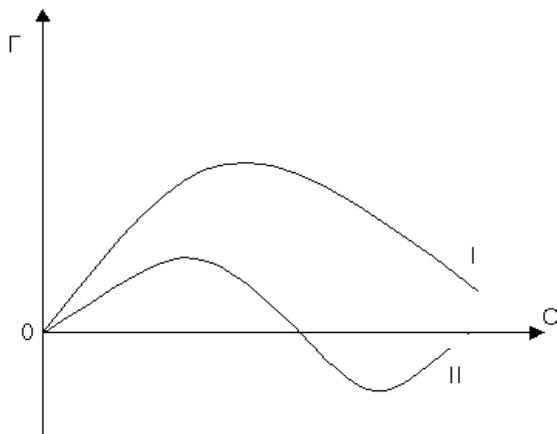


Рис. 4 Изотерма молекулярной адсорбции из раствора.

Графически первое выражается изотермой I, а второе – изотермой II, если адсорбцию выразить как избыток вещества на поверхности (рис.4):

Адсорбируемость растворённого вещества зависит от полярности адсорбента и среды и подчиняется правилу уравнения полярности, сформулированному Ребиндером П.А. Адсорбция будет идти, если значение полярностей растворённого вещества C лежит между значениями полярностей адсорбента A и растворителя B , т.е. соблюдается условие $\epsilon_A > \epsilon_C > \epsilon_B$ (ϵ - диэлектрическая проницаемость, связанная с полярностью вещества). Из этого правила вытекает, что чем меньше растворимость вещества, тем лучше оно будет адсорбироваться.

Практическая часть

Измерение поверхностного натяжения сталагмометрическим методом

Величина капли, образующейся при медленном вытекании жидкости из круглого отверстия радиусом r , в момент её отрыва определяется поверхностным натяжением жидкости, т.к. вес капли равен силе поверхностного натяжения, стремящегося

удержать каплю: $P = 2\pi r\gamma$. Отсюда вытекает возможность, зная вес капли, определить величину поверхностного натяжения. Обычно вес отдельной капли не измеряют, а определяют поверхностное натяжение, подсчитывая число капель N , соответствующих определенному объёму v вытекающей жидкости.

Очевидно $P = \frac{v d g}{N}$, где d – плотность жидкости, g –

ускорение силы тяжести.

Зная P в уравнении через $2\pi r\gamma$, получаем:

$$\frac{v d g}{N} = 2\pi r \sigma$$

Для равных объёмов двух жидкостей с плотностями d_1 и d_2 , вытекающих из одного и того же отверстия, имеем:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{d_1}{d_2} \rightarrow \sigma_2 = \sigma_1 \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{если } d_1 \approx d_2)$$

Сталагмометр в простейшей форме представляет собой толстостенную капиллярную трубку с расширением в середине, нижний конец капилляра отшлифован. Выше и ниже расширения нанесены две метки, ограничивающие определённый объём.

Укрепляют сталагмометр на штативе в вертикальном положении и засасывают в него жидкость сверху так, чтобы она стояла выше верхней метки. Дают жидкости вытекать из сталагмометра. Когда уровень жидкости дойдёт до верхней метки, начинают считать падающие капли. Счёт продолжают, пока жидкость в сталагмометре не дойдёт до нижней метки. Таким образом определяют число капель, соответствующих известному объёму вытекающей жидкости. Определяют число капель N - H_2O , образующихся при истечении стандартной жидкости (воды), а затем N_x – число капель испытуемого раствора. Поверхностное натяжение вычисляют по формуле:

$$\sigma_x = \sigma_{H_2O} \frac{N_{H_2O}}{N_x},$$

где σ_x – искомое поверхностное натяжение раствора,
 σ_{H_2O} – поверхностное натяжение воды = 72,75 эрг/см²,
 N_1 – число капель воды, N_x – число капель раствора.

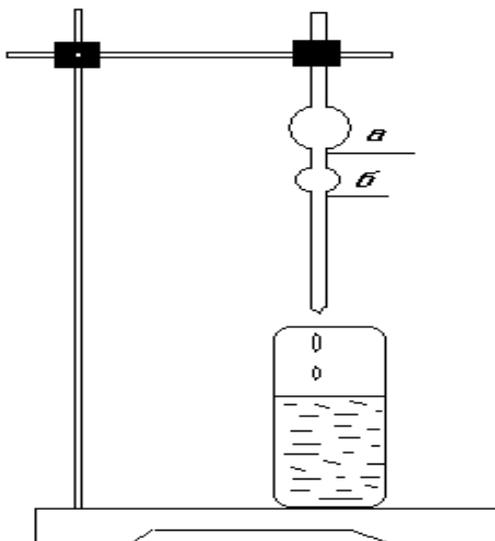


Рис. 5. Сталагмометр

Плотности растворов и воды принимаются равными.

Работа 3.1.

Изменение адсорбции на границе раствор-газ.
 Определение параметров адсорбционного слоя и Γ_∞ .

Цель работы: измерение поверхностного натяжения (γ).
 Определение зависимости поверхностного натяжения от концентрации ($\gamma = f(c)$). Расчёт величины адсорбции (Γ), величины мак-

симальной адсорбции (Γ_∞) и площади, занимаемой одной молекулой ПАВ в поверхностном слое ($S_{\text{моль}}$).

В чистых колбочках приготавливают ряд растворов спирта (по заданию преподавателя). Для каждого раствора определяют поверхностное натяжение методом, заданным преподавателем. По полученным данным подсчитывают числовые значения γ_x . Вычерчивают на миллиметровке кривую $\gamma = f(c)$ – изотерму поверхностного натяжения.

К этой изотерме $\gamma = f(c)$ в разных точках строят касательные и продолжают их до пересечения с осью ординат, как показано на рис.5

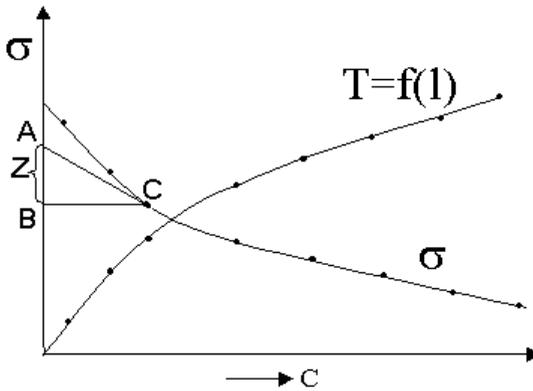


Рис. 5.

Через точку касания проводятся прямые параллельно оси абсцисс также до пересечения их с осью ординат. Измеряют отрезки “Z” оси ординат между касательной и горизонтальной прямой (в единицах поверхностного натяжения). Из $\triangle ABC$ находим:

$$\frac{Z}{C} = -\frac{d\sigma}{dc} \Rightarrow C \frac{d\sigma}{dc}$$

Подставив значение в уравнение Гиббса:

$$\Gamma = \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc} \quad \text{получим:} \quad \Gamma = \frac{Z}{RT}$$

Таким путём подсчитывают величины адсорбции “ Γ ” для различных концентраций. Полученные значения наносят на график

и, соединяя точки, получают адсорбционную изотерму, которая может быть выражена уравнением Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{KC}{1 + KC},$$

где Γ_{∞} - максимальная величина адсорбции.

Постоянные K и Γ_{∞} можно определить 2-мя путями:

1 – путём подстановки известных значений Γ и C в уравнение Ленгмюра (см. выше) и решения системы двух уравнений с двумя неизвестными.

2– графическим способом, основанным на преобразовании уравнения Ленгмюра в уравнение прямой линии:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{KC}{1 + KC}; \quad \sqrt{\frac{C}{\Gamma}} = \frac{C}{\Gamma_{\infty} \frac{KC}{1 + KC}};$$

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{C(1 + KC)}{\Gamma_{\infty} KC}; \quad \frac{C}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} K} + \frac{KC}{\Gamma_{\infty}};$$

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} K} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot C;$$

y a b $y = a + bc$ это уравнение пря-

мой (рис. 6). Строим график $\frac{C}{\Gamma} = f(C)$

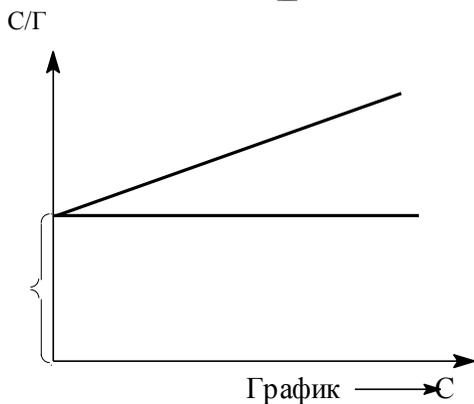


Рис.6.

Стг угла $y = \frac{1}{f} = \Gamma_{\infty}$, а отрезок, отсекаемый от оси ординат

$$Q = \frac{1}{K\Gamma_{\infty}}.$$

Зная адсорбцию Γ_{∞} , можно вычислить площадь $S_{\text{моль}}$, приходящуюся на 1 молекулу:

$$S_{\text{моль}} = \frac{1\text{см}^2}{\Gamma_{\infty}N} = \frac{10^{16} \cdot A^{02}}{\Gamma_{\infty} \cdot N},$$

где N – число Авогадро ($N=6,02 \cdot 10^{23}$). Зная Γ_{∞} и плотность растворённого вещества d и его молекулярную массу M , можно вычислить толщину адсорбционного слоя, соответствующую длине молекулы y :

$$\sigma = \frac{\Gamma_{\infty} \cdot M}{d}.$$

Вопросы текущего контроля

1. Как классифицируется поверхностная энергия Гиббса?
2. Что называется поверхностным натяжением?
3. Какие вещества называют поверхностно-активными?
4. Как классифицируются поверхностно-активные вещества?
5. Что такое солубилизация?
6. Как определяется критическая концентрация мицеллообразования?
7. Объясните правила Дюкло-Траубе?
8. Как происходит адсорбция на границе раствор-газ?
9. Напишите уравнение Гиббса, объясните положительную и отрицательную адсорбцию.
10. Объясните изотермы поверхностного натяжения и адсорбции.

Литература.

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия. 1986. С. 159-167.

Работа 3.2.

Определение адсорбции на границе твёрдое тело-раствор. Изучение молекулярной адсорбции уксусной кислоты на угле.

Цель работы: построение изотермы адсорбции ПАВ - $x=f(c)$.
Определение констант эмпирического уравнения Фрейндлиха.

В 6 конических колбочках наливают растворы уксусной кислоты, приготовленные разбавлением 0,4 н раствора. Объёмы и приблизительная концентрация растворов уксусной кислоты в колбочках должны быть такими, как указано в табл. :

Таблица

№ колбочки	1	2	3	4	5	6
Объём раствора, мл	75	75	75	60	60	55
Нормальность кислоты	0,0121	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4

Чтобы определить точную концентрацию кислоты в каждой колбочке, отбирают пипеткой из колбочек 1, 2, 3 по 25 мл раствора. Из колбочек 4, 5 по 10 мл раствора, из колбочки 6 – 5

мл раствора кислоты и титруют эти количества 0,1 н раствором едкого натра. После этого в каждую колбочку вносят по 2-3 г активированного угля и энергично взбалтывают.

Спустя 0,5-1 час раствор отфильтровывают отдельно из каждой колбочки. Затем из каждой колбочки отбирают такие количества фильтрата, как при предыдущем титровании. Определяют в них содержание уксусной кислоты путём титрования 0,1 н раствором едкого натра. Результаты записывают в следующую таблицу:

№ колбочки	C_0	C	x	$\lg c$	$\lg x$

Здесь C_0 – начальная концентрация уксусной кислоты,

C – равновесная концентрация,

x – количество кислоты, адсорбированной навеской угля.

Чтобы проверить, насколько хорошо полученные данные укладываются в эмпирическое уравнение Фрейндлиха:

$$x = \beta c \frac{1}{n}, \quad \lg x = \lg \beta + \frac{1}{n} \lg c.$$

Строят 2 графика: 1 – изотерму адсорбции – $x=f(c)$; 2 – аппроксимированную изотерму адсорбции - $\lg x = f(\lg c)$ откладывая на оси абсцисс $\lg c$, а на оси ординат $\lg x$. На втором графике должна получиться прямая, по которой определяют значения констант β и $\frac{1}{n}$ уравнения Фрейндлиха.

Вопросы текущего контроля

1. Как различают химическую и физическую адсорбцию?
2. Что такое мономолекулярная адсорбция?
3. Как происходит полимолекулярная адсорбция (теория Поляни, БЭТ)?
4. Как протекает явление капиллярной конденсации?

5. Каков механизм адсорбции на границе твёрдое тело-раствор?
6. Объясните молекулярную адсорбцию из растворов.
7. Как протекает ионообменная адсорбция?
8. Что называется ионитами? Ионообменная адсорбция.
9. Что такое избирательная адсорбция?
10. Какое значение имеет адсорбция из растворов в природе и технике?

Литература

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия. 1986. С. 159-167.

Лабораторная работа № 4

ВЯЗКОСТЬ ЖИДКОСТЕЙ И КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Особенностью веществ в жидком состоянии является то, что они не оказывают статического сопротивления изменению формы, т.е. для деформации жидкости с бесконечно малой скоростью не нужно прикладывать внешнюю силу. Но при деформации с конечной скоростью (при ламинарном течении) внутри жидкости возникает сопротивление перемещению одних слоёв по отношению к другим. Это свойство называется внутренним трением.

Если поместить жидкость между двумя параллельными плоскими пластинками, верхняя из которых смещается по отношению к нижней, то слои жидкости двигаются со скоростью, как показано на рис.7.

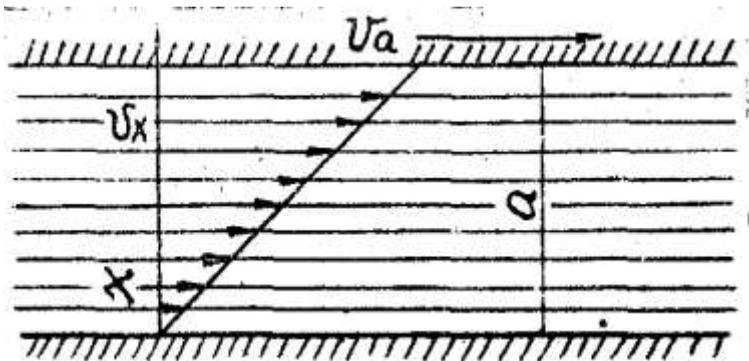


Рис.7. Распределение скоростей жидкости между двумя параллельно движущимися слоями (1 и 2), находящимися на расстоянии X

Закон вязкости Ньютона связывает сопротивление сдвига пластинки и скорость сдвига пластинки:

$$F = \eta \cdot S \frac{du}{dx},$$

где F – сила внутреннего трения,

S – площадь трущихся слоёв,

du/dx – градиент скорости, т.е. изменение скорости сдвига по расстоянию от неподвижной пластинки, имеет размерность t^{-1} ,

η – коэффициент вязкости или вязкость. Обозначив $F / S = r$ – напряжение сдвига, можно раскрыть физический смысл коэффициента вязкости:

$$\eta = \frac{r}{du / dx}.$$

В системе СГС размерность коэффициента вязкости обозначается, как $г/см \text{ сек}$, в системе СИ – $кг/м^{-1}сек^{-1}$.

Жидкости, течение которых подчиняется закону Ньютона, называется ньютоновскими или истинно-вязкими.

За единицу вязкости принимается пуаз – η . Пуаз равен вязкости жидкости, которая оказывает сопротивление в 1 дину взаимному перемещению двух параллельных плоскостей площадью 1 см^2 , находящихся друг от друга на расстоянии 1 см и пе-

ремещающихся одна относительно другой со скоростью 1 см/сек. Вязкость жидкостей обычно измеряют в сантипуазах – одной сотой пуаза (сп), для воды при 20°C $\eta = 1$ сп.

Иногда вязкость удобно выражать в виде кинематической вязкости, т.е. отношением коэффициента вязкости к плотности жидкости:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho},$$

где ρ – плотность жидкости, η – кинематическая вязкость, ν – динамическая вязкость.

В системе СГС размерность кинематической вязкости см²/сек, в системе СИ – м²/сек и единица измерения стокс – ст или сантистокс – сст.

Иногда подвижность жидкостей характеризуют текучестью, т.е. величиной обратной вязкости 1/з.

Различают два вида текучести: 1) ламинарное – послойное течение;

2) турбулентное – вихревое течение. В лабораторных исследованиях вязкость изучают по ламинарному течению жидких систем. Вязкое течение ньютоновской жидкости подчиняется уравнению Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi Pr^4}{8L\eta},$$

где Q – объём жидкости, протекающей через трубу за единицу времени;

r – радиус капилляра; L – длина трубы; P – разность давления на концах трубы.

Из уравнения следует, что объём жидкости, протекающей за единицу времени через трубу, обратно пропорционален её вязкости. Выразив Q через ν/t , приняв L, P, r постоянными, получим

$$\frac{\nu}{t} = \frac{c}{\eta} \quad \text{или} \quad t = \frac{\nu \cdot \eta}{c}.$$

Откуда следует, что время протекания постоянного объёма жидкости через трубу пропорционально её вязкости.

Как текучесть, так и вязкость жидкостей зависит от температуры. С повышением температуры вязкость ньютоновских жидкостей понижается по экспоненциальному закону:

$$\eta = A \cdot e^{-E/\kappa T},$$

где A – коэффициент, почти независимый от температуры;

E – потенциальная энергия, которую должна приобрести молекула, чтобы перескочить в новое положение равновесия; K – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

Вязкость растворов высокомолекулярных соединений (ВМС)

Вязкость растворов ВМС обычно значительно выше вязкости растворов низкомолекулярных соединений и коллоидных растворов тех же концентраций. Это объясняется гидродинамикой систем, содержащих вытянутые и гибкие макромолекулы, а также наличием в системе ассоциатов и легко разрушаемых структур.

Для сильно разбавленных растворов ВМС, в которых макромолекулы рассматриваются как жёсткие палочки, не взаимодействующие друг с другом, Штаудингер предложил следующую зависимость удельной вязкости – $\eta_{уд}$ от концентрации растворов высокополимеров:

$$\eta = K_m \cdot M \cdot C$$

Уравнение ещё можно представить в следующем виде:

$$\eta_{уд/C} = K_m \cdot M$$

Правая часть уравнения Штаудингера отношение $\eta_{уд/C}$ – называется приведённой вязкостью.

Уравнение показывает, что для одного и того же полимера приведённая вязкость не должна зависеть от концентрации, как это изображено на рис.8.

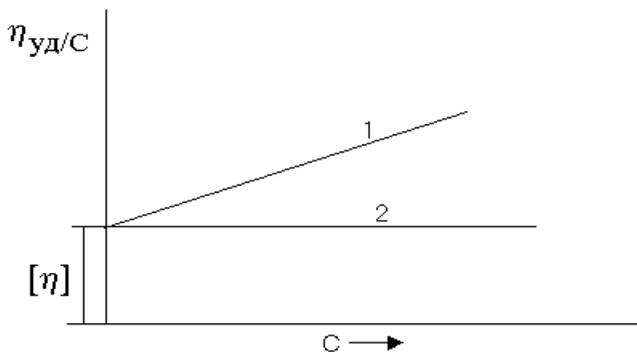


Рис.8. Зависимость приведённой вязкости от концентрации

Однако, позже выяснилось, что приведённая вязкость обычно возрастает с повышением концентрации, причём в интервале небольших концентраций эта зависимость выражается прямой (2, рис.8). Отрезок, отсекаемый этой прямой на оси $\eta_{уд/С}$, отвечает величине характеристической вязкости $[\eta]$, характеризующей гидродинамическое сопротивление потоку молекул данного высокополимера.

Возрастание значения $\eta_{уд/С}$ с увеличением концентрации объясняется взаимодействием макромолекул между собой.

Дальнейшие исследования, проведённые, в этой области показали, что постоянная K_m в уравнении Штаудингера зависит от молекулярного веса высокополимера, как правило, его значение уменьшается с увеличением молекулярного веса ВМС. Это обусловлено тем, что более длинные молекулы способны сильнее изгибаться и тем самым оказывают относительно меньшее сопротивление потоку.

Учитывая наличие взаимодействия макромолекул даже в разбавленных растворах и изменение константы K_m с длиной молекулы предложено уравнение для определения м/в высокополимера:

$$[\eta] = K \cdot M^b,$$

где K – коэффициент для раствора данного полимергомологического ряда в данном растворителе; b – величина, характеризующая форму макромолекул в растворе и связанная с гибкостью цепей.

Константы “К” и “б” являются постоянными для данного полимера гомологического ряда и данного растворителя и определяются экспериментально по известным молекулярным весам.

На форму макромолекулы в растворе существенно влияет природа растворителя. Как правило, чем лучше растворяется высокополимер в данной жидкости, чем более он сольватирован, тем меньше участки молекулярной цепи взаимодействуют друг с друг, тем более вытянуты макромолекулы и тем выше вязкость раствора и наоборот. Установлено, что в зависимости от природы растворителя меняется и наклон прямых:

$$\frac{\eta_{уд}}{C} = f(C)$$

Методы измерения

1. Метод истечения жидкости через капилляр

Метод основан на определении времени вытекания определенного объёма жидкости через капилляр, радиус и длина которого известны. Вязкость вычисляют по уравнению:

$$\eta = \frac{\pi r r^4 p \tau}{8 \ell V} = K P \tau,$$

где V – объём жидкости, вытекшей за время τ , все остальные обозначения те же, что и в уравнении Пуазейля.

Работа 4.1

Определение молекулярной массы высокомолекулярного соединения

Цель работы: изучение зависимости вязкости раствора ВМС от концентрации и определение его молекулярной массы.

Для характеристики вязкости раствора ВМС пользуются величинами: относительной, удельной, приведённой и характеристической вязкости.

Относительная вязкость определяется как отношение вязкости растворов η к вязкости чистого растворителя η_0 :

$$\eta_{отн} = \frac{\eta}{\eta_0}$$

Удельная вязкость раствора представляет собой приращение вязкости за счёт растворённого вещества, отнесённое к вязкости растворителя:

$$\eta_{уд} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{отн} - 1$$

Согласно уравнению Пуазейля можем записать:

$$\eta_{отн} = \frac{\rho\tau}{\rho_0\tau_0} \approx \frac{\tau}{\tau_0} \quad \eta_{уд} = \frac{\tau}{\tau_0} - 1$$

Приведённая вязкость $\eta_{пр}$ - есть отношение удельной вязкости к концентрации раствора C :

$$\eta_{пр} = \frac{\eta_{уд}}{C}$$

Для нахождения характеристической вязкости $[\eta]$ строят график зависимости приведённой вязкости от концентрации: $\eta_{уд}/C = f(c)$. Экстраполируя зависимость на нулевую концентрацию, определяем значение характеристической вязкости $[\eta]$.

Экспериментальная часть

Для построения графика $\eta_{уд}/C = f(c)$ нужно получить 6-8 экспериментальных точек. Для этого разбавлением исходного раствора готовят 6-8 растворов заданных концентраций.

Измеряют время течения воды с помощью капиллярного вискозиметра. Для измерения отбирают пипеткой 10-20 см³ воды и заливают её в широкое колено вискозиметра. Затем грушей перекачивают жидкость из широкого колена в узкое выше метки и, вынув грушу, дают жидкости свободно течь. При прохождении уровня жидкости через верхнюю метку включают секундомер, при прохождении её через нижнюю метку секундомер выключают. Измерение времени протекания производят 2-3 раза и берут среднее значение. Измеряют время протекания растворов, начиная с самого разбавленного раствора.

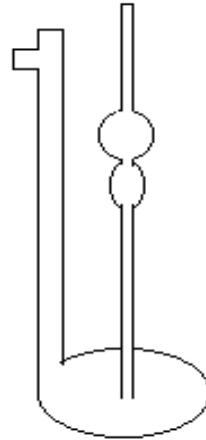


Рис.11 Капиллярный вискозиметр.

Таблица 9.

Результаты эксперимента вносят в следующую таблицу.

Концентрация С, %	Время истечения раствора	Время истечения раствора, τ		τ _{ср}	η _{отн}	η _{уд}	η _{уд/ср}	[з]
		1	2					

На основании табличных данных построить зависимость $\eta_{уд}=f(c)$, $\eta_{уд/с}=f(c)$ и экстраполяцией определить величину характеристической вязкости [з].

По заданию преподавателя можно определить молекулярную массу растворённого вещества по формулам Штаудингера $\eta_{уд} = КМС$ или Флори $[\eta] = КМ^\alpha$, где К – коэффициент, зависящий от природы растворителя, α - коэффициент, связанный с конформационным состоянием макромолекулы. Для расчёта

уравнение Флори удобно или в логарифмической форме

$$M^\alpha = \frac{[\eta]}{K}$$

или в логарифмической форме $\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg R}{\alpha}$.

Значение констант K и α для полимеров даётся преподавателем.

Вопросы текущего контроля

1. Что называют вязкостью? Какие вещества называются ньютоновскими?
2. В каких единицах измеряется вязкость? Чему равен пуаз?
3. Как определяется вязкость дисперсных систем? Уравнение Эйнштейна.
4. Что такое аномалия вязкости?
5. Как определяется характеристическая вязкость?
6. Напишите уравнение Штаудингера и объясните определение молекулярной массы ВМС.
7. Какими методами измеряется вязкость?
8. Что такое ламинарное и турбулентное течение? Напишите уравнение Пуазейля.
9. В каких системах наблюдается структурная вязкость?
10. Напишите уравнение Бингама-Шведова.

Литература

2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
3. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
4. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
5. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия. 1986. С. 159-167.

Лабораторная работа № 5

Набухание высокомолекулярных соединений (ВМС). Изучение кинетики набухания высокомолекулярных соединений. Определение константы скорости набухания

Многие тела, в особенности тела, образованные высокомолекулярными веществами – полимерами, способны к набуханию, т.е. поглощению жидкости, сопровождающемуся значительным увеличением объёма тела. Явление набухания следует отличать от простого впитывания жидкости порошкообразными и пористыми телами, которое не приводит к изменению объёма этих тел.

Набухание высокомолекулярных тел объясняется тем, что скорость диффузии молекул жидкости значительно превосходит скорость диффузии молекул полимера. Поэтому молекулы жидкости проникают в тело и распределяются в нём с большей скоростью, чем молекулы полимера переходят в раствор. Проникновение жидкости в такое тело приводит к тому, что образующие его гибкие молекулы отодвигаются друг от друга, объём тела увеличивается, оно набухает.

В тех случаях, когда после набухания тело полностью переходит в раствор, набухание называется неограниченным, а когда набухшее тело остаётся в состоянии студня – ограниченным. Ограниченное или предельное набухание может сопровождаться частичным растворением высокомолекулярного вещества. Нередко уже незначительное повышение температуры достаточно для того, чтобы набухание из ограниченного перешло в неограниченное. Например, желатина при температуре ниже 22⁰С набухает в воде ограниченно, а при более высокой температуре – неограниченно.

Процесс набухания сильно зависит от формы молекул, образующих тело и от их расположения. Набухание бывает достаточно ярко выражено только в тех случаях, когда молекулы имеют *анизодиаметрическую* форму, сильно отличающуюся от шарообразной, например, когда они имеют вид нитей.

Если длинные нитевидные молекулы расположены бес-
порядочно, то тело набухает, равномерно увеличиваясь в своём
объёме в длину, ширину и высоту, так что набухший студень по
форме подобен первоначальному телу.

Совершенно иначе выглядит набухание тел, построенных
из ориентированных молекул, например, естественных или ис-
кусственных волокнистых веществ, в которых большинство мо-
лекул ориентировано на оси волокна. Такие волокнистые тела
набухают, увеличивая свои размеры главным образом в направ-
лении, перпендикулярном оси волокна.

Подобно растворению, набухание – явление избиратель-
ное, т.е. данное тело может набухать только в определённых
жидкостях и неспособно набухать в других. Так, многие белки и
высокомолекулярные углеводы хорошо набухают в воде, но не-
способны к заметному набуханию в углеводородах, например, в
бензине и, наоборот, каучук почти не набухает в воде и хорошо
набухает в углеводородах. Значительное набухание может про-
исходить только в тех жидкостях, в которых возможно при дру-
гих условиях растворение данного тела.

Набухание, как и растворение, обусловлено силами взаи-
модействия между молекулами полимера и жидкости и чисто
диффузионным взаимном проникновением или смешением мо-
лекул.

Для тел, хорошо набухающих в воде и других полярных
жидкостях (спирты, амины кислот) первая причина набухания
является преобладающей, во всяком случае, в начале процесса.
Это подтверждается тем, что в начале набухания при поглоще-
нии первых порций жидкости у этих систем наблюдается сольва-
тация, т.е. образование молекулярных соединений между моле-
кулами жидкости и полимера – сольватов. Сольватация сопро-
вождается значительно выделением тепла и сжатием системы
(контракцией). Подобное изменение объема наблюдается напр.,
при смешении спирта с водой. С другой стороны, при набухании
каучука в органических растворителях, по-видимому, имеет ме-
сто вторая причина, т.к. набухание даже в начальных стадиях
почти не сопровождается тепловым эффектом и контракцией.

Сходные отношения наблюдаются при смешении углеводорода. Там также нет теплового эффекта и контракции.

Теплота набухания

Теплотой набухания называется тепловой эффект, сопровождающий набухание тела в жидкости. Теплота набухания зависит от природы набухающего тела и жидкости, а также от температуры и степени набухания, т.е. кол-ва жидкости, поглощенной телом при набухании.

Принято различать интегральную и дифференциальную теплоту набухания.

Интегральной теплотой набухания W называется количество тепла, выделяющееся при поглощении I г сухого вещества I г жидкости. Интегральная теплота набухания зависит от температуры и концентрации получающегося студня. С повышением температуры величина W убывает, зависимость же между W и i может быть выражена эмпирической формулой:

$$W = \frac{A_i}{B + i}, \quad (1)$$

где A и B – постоянные величины.

Дифференциальная теплота набухания w – есть та количество теплоты, которая выделяется при поглощении большим количеством обводненного студня одного грамма жидкости. Её значения можно получить путем дифференцирования W по i :

$$w = \frac{dW}{di} = \frac{AB}{(B + i)^2} \cdot i, \quad (2)$$

как и интегральная, дифференциальная теплота является функцией температуры и содержания жидкости в студне.

Скорость набухания

Изменение скорости набухания с течением времени удовлетворительно характеризуется уравнением:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{K}{\delta} (Q_{\max} - Q_t), \quad (3)$$

где $\frac{dQ}{dt}$ - скорость набухания, K – постоянная набухания, δ - толщина пластинки при предельном набухании, Q_{\max} - максимальное набухание, Q_t - набухание в момент времени.

Аналогичному уравнению подчиняется скорость растворения твердых веществ в жидкостях.

Уравнение (3) показывает, что набухание протекает как реакция I порядка, что вполне понятно, т.к. скорость в этом случае определяется скоростью медленного процесса диффузии жидкости с студенеем.

При интегрировании уравнения (3) получается выражение

$$-\ln(Q_{\max} - Q) = Kt + const$$

(3a)

или после перехода от натуральных логарифмов к десятичным:

$$-\lg(Q_{\max} - Q) = 0,434Kt + const$$

при $t = 0$ значение $Q = 0$ и

$$-\lg(Q_{\max} - Q) = 0,434Kt + const$$

После подстановки в уравнение (3a) получается:

$$\lg(Q_{\max} - Q) = -0,4343Kt + Q_{\max} K = -\frac{tg \alpha}{0,434} \quad (4)$$

Это выражение представляет собой уравнение прямой, причем где α - угол, образуемый этой прямой с осью абсцисс.

Для нахождения K по экспериментальным данным нужно построить график, откладывая на оси абсцисс время, а на оси ординат значения $\lg(Q_{\max} - Q)$. Через полученные точки проведем прямую и, определив тангенс угла α , вычислим K по уравнению (4).

Влияние электролитов на набухание

На величину набухания могут очень сильно влиять вещества, вводимые в набухающее тело или в жидкость, в которой происходит набухание. Т.к. большая часть исследований по набуханию проведена с водными растворами электролитов, то влияние последних на максимальное набухание в воде изучено

значительно подробнее, чем для случая набухания в других жидкостях.

При набухании белков очень сильное влияние оказывают кислоты и щелочи. В обоих случаях величина набухания зависит от концентрации введенного электролита и при этом так, что при определенном и обычно небольшом значении концентрации набухание происходит через максимум. Если изобразить зависимость величины набухания от рН- раствора, то получится кривая (рис. 1) с двумя максимумами изменения других свойств белков в зависимости от рН.

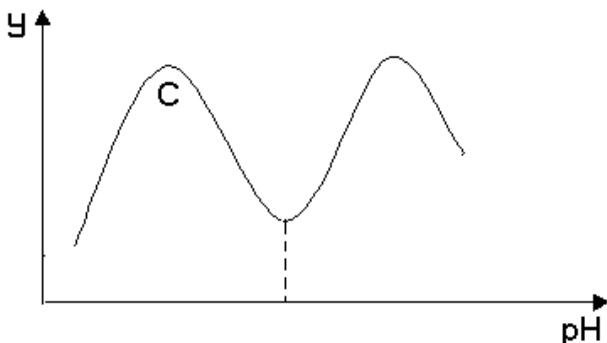


Рис. 12. Кривая зависимости белков от рН раствора.

Положение минимума на упомянутых кривых соответствует изоэлектрической точке белка. В случае белка, набухающего в водном растворе соляной кислоты при концентрации ионов H^+ более высокой, чем это соответствует положению изоэлектрической точки, распределение ионов в системе можно представить следующим образом:

		Студень		Раствор	
$R_{COOH}^{NH_3^+}$ Z	H^+		Cl	H^+	Cl
	y		Z + y	X	X
А для белка, набухающего в NaOH:					
		Студень		Раствор	
$R_{COO}^{NH_2}$ Z	OH^+			Na^+	OH
	Y		Z + y	X	X

Согласно теории мембранного равновесия:

$$X^2 = Y(Y + Z) \quad (5)$$

откуда следует, что концентрация ионов, способных к диффузии через мембрану, внутри студня ($2Y + Z$) больше, чем снаружи ($2x$) на величину L , т.е.

$$2Y + Z - 2\alpha = L; \quad L \geq 0 \quad (6)$$

Избыток в студне ионов, способных к диффузии, выражаемый величиной L , обуславливает появление добавочного осмотического давления P_L в студне, вызванного распределением ионов между набухающим студнем и жидкостью:

$$P_e = R \cdot T$$

Увеличение содержания кислоты или щелочи в жидкости, окружающей студень, может двояко влиять на величину:

1) кислота или щелочь соединяется с белком, образуя соль, и Z возрастает, а это способствует увеличению L ;

2) кислота, не соединившаяся с белком, увеличивает X и, следовательно, уменьшает L . При малых концентрациях добавленной кислоты или щелочи преобладает первый случай, при больших – второй. Поэтому, если исходить из изоэлектрического раствора белка и постепенно возрастающих количеств их L будет сначала увеличиваться из-за роста, а затем уменьшаться из-за возрастания Z . Это вызовет добавочное поступление жидкости из наружного раствора, пропорциональное P_e .

Работа 5.1

КИНЕТИКА НАБУХАНИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Набухание высокомолекулярных веществ характеризуют степенью набухания

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

где m – масса набухшего образца; m_0 – масса сухого образца.

Масса набухшего полимера m складывается, очевидно, из массы сухого вещества m_0 и массы жидкости, поглощенной полимером (q):

$$m = m_0 + q.$$

В свою очередь

$$q = Vc,$$

где V – объем поглощенной жидкости; c – плотность жидкости.

Произведя соответствующие преобразования, получаем расчетную формулу для степени набухания:

$$\alpha = \frac{m_0 + V\rho - m_0}{m_0} = \frac{V\rho}{m_0}.$$

Процесс набухания полимера протекает во времени. Скорость набухания может быть рассчитана по следующему простому уравнению:

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

где α_{\max} – максимальная степень набухания; α – степень набухания во времени; k – константа скорости процесса.

Интегрируя уравнение, получим

$$-\ln(\alpha_{\max} - \alpha) = k\tau + \text{const}$$

или

$$-\ln(\alpha_{\max} - \alpha) = (k/2.3) \tau + \text{const}$$

При $\tau=0$ $\alpha=0$ и, следовательно, $\lg \alpha_{\max} + \text{const}$. Тогда

$$-\ln(\alpha_{\max} - \alpha) = -\ln \alpha_{\max} + (k/2.3)\tau; \quad \lg \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha} = \frac{k}{2.3} \tau.$$

Это уравнение является уравнением прямой линии.

Построив зависимость $\lg \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}$ от τ , находят $k/2,3$ как

тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс, а затем вычисляют константу скорости набухания k

Измерение степени набухания проводят в приборе ЛГУ.



Рис. 13. Прибор для измерения набухания (ЛГУ).
 Результаты опыта вносят в следующую таблицу.

Экспериментальные данные

Время от начала опыта φ , мин	Объем поглощенной жидкости, $V=h-h_0$, см ³	Степень набухания $\alpha=Vc/m$	$\alpha_{\max}/\alpha_{\max}-\alpha$	$\lg \alpha_{\max}/\alpha_{\max}-\alpha$

Вычислив значения степени набухания α , строят график зависимости α от φ и из него определяют значение α_{\max}

Затем строят график зависимости $\lg \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}$ от φ и

находят константу скорости набухания (при нахождении $\text{tg}\varphi$ следует учитывать масштабы по осям);

$$k = 2.3\text{tg}\varphi.$$

Работа 5.2

Набухание резины в различных растворителях

Опыт 1. Куски резины одинаковой величины взвешивают и помещают в тигли с крышками, содержащими по 20 – 80 см³ следующих растворителей: бензол, толуол, ацетон, глицерин, вода. Спустя 1 – 2 часа каждый набухший кусочек резины вынимают, обсушивают между двумя листами фильтровальной бумаги и взвешивают. Отмечают, в каких жидкостях набухание почти

отсутствует и в каких наблюдается очень сильное набухание.

Рассчитать степень набухания “ α ” по формуле $\alpha = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \cdot 10$,

где a_0 – вес резины до набухания, a_1 – вес резины после набухания. Сравнить степень набухания с диэлектрической константой растворителя и отметить, в каких растворителях набухание было максимальное и минимальное.

Опыт 2. Влияние примесей неэлектролитов на набухание желатины в воде.

Одинаковые навески желатины помещают в 6 баночек с пробками, куда налиты следующие растворы:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. вода | 4. 2,0 м раствора глицерина |
| 2. 1 м раствор мочевины | 5. 1 м раствора глицерина |
| 3. 0,25 м раствора мочевины | 6. 5 м раствора глицерина |

Через 1,5 часа определяют весовым методом величину набухания у навесок желатины, помещенных в разные растворы. Полученные результаты изображают графически, откладывая на оси абсцисс концентрацию мочевины или глицерина, а на оси ординат – соответствующие величины набухания. Опыт можно проводить иначе – набухание измеряют по объемному методу путем измерения высоты набухания порошка в пробирке.

Работа 5.3

Определение скорости набухания в приборе ЛГУ.

В прибор наливают жидкость, с которой будет происходить набухание. Измеряют её объем, как указано выше, но прибор при этом поворачивают так, чтобы внизу был резервуар I. Навеска вещества вводится в прибор. Прибор приводится в горизонтальное положение, причем навеска вещества оказывается погруженной в жидкость и начинается набухание уровня жидко-

сти через каждые 15, 30, 45, 60 мин до тех пор, пока будет достигнуто постоянство объема поглощенной жидкости.

На основании полученных результатов строят график кинетики набухания:

$$\frac{X}{m} = f(\phi),$$

где X – кол-во поглощенной жидкости в ед. объема, m – масса вещества.

Вопросы текущего контроля

1. Что называется процессом набухания?
2. Виды набухания.
3. Механизм набухания. Роль сольватации и диффузии при набухании.
4. Скорость набухания.
5. Термодинамика процесса набухания.
6. Что такое интегральная и дифференциальная теплота набухания?
7. Влияние различных факторов (рН, температура электролитов и др.) на набухание белков.
8. Что такое давление набухания?
9. Методы определения степени и скорости набухания.
10. Объясните кинетические кривые набухания.

Литература

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия. 1986. С. 159-167.

Лабораторная работа № 6

Микрогетерогенные системы – эмульсии. Получение и определение типа эмульсий. Изучение обращения фаз в эмульсиях

Эмульсией называется дисперсная система, состоящая из 2-х взаимно нерастворимых жидкостей, одна из которых дисперсная фаза, распределена в виде капель в другой, непрерывной фазе, называется дисперсионной средой. Капли эмульсии имеют размеры от 1 до 50 и их можно видеть в обычный микроскоп. Эмульсии широко распространены в природе: молоко, млечный сок растений и т.п., а также получают искусственным путем в процессах эмульсионной полимеризации, при производстве маргарина, смазок, косметических кремов и др.

Жидкости, образующие эмульсию, отличаются по своей полярности: одна жидкость полярная и ее независимо от природы принято называть “водой”, другая жидкость неполярная – ее называется “маслом”.

Классифицируют эмульсии: 1) по природе дисперсной фазы и дисперсионной среды, 2) по концентрации дисперсной фазы.

По первой классификации тип эмульсии представляют в виде дроби, в числителе которой пишут природу фазы, а в знаменателе – природу среды. Напр., эмульсия бензола в воде обозначается м\в, а эмульсия воды в бензоле в\м (м – масло, в – вода).

По концентрации эмульсии разделяют на: 1) разбавленные – концентрация дисперсной фазы меньше 0,1%, 2) концентрированные – концентрация дисперсной фазы от 0,1 до 74%, 3) высококонцентрированные или желатинированные – концентрация фазы 74%.

Разбавленные эмульсии отличаются от концентрированных по размеру частиц, они наиболее высокодисперсные, диаметр капель в них равен 10^{-5} см. Такие эмульсии образуются без введения в систему эмульгаторов, однако, являются агрегативно устойчивыми. Дисперсная фаза обнаруживает электрофоретическую подвижность и, следовательно, несет электрический заряд,

возникающий благодаря адсорбции неорганических ионов, которые могут присутствовать в среде в ничтожных количествах. Установлено, что разбавленные эмульсии подчиняются правилу Шульца-Гарди и коагулируют при критическом φ - потенциале.

Агрегативной устойчивости разбавленных эмульсий способствует также чрезвычайно малая численная концентрация

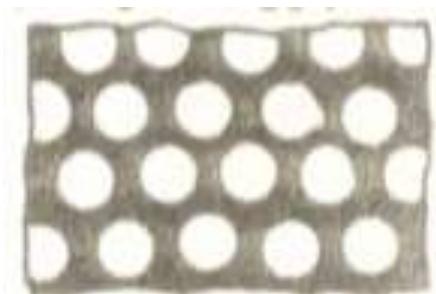


рис. 14. Концентрированная монодисперсная эмульсия.

фазы, что обуславливает очень редкие столкновения капель.

Концентрированные эмульсии могут в пределе достигнуть объемной концентрации 74%, если частицы фазы сферические, недеформированные и

одинаковые по размеру, как показано на рис. 14. Концентрированная монодисперсная эмульсия.

Для полидисперсных эмульсий этот предел является условным, т.к. в таких эмульсиях мелкие капли могут размещаться между крупными и заполнять пустые пространства (рис.2.)

Высококонтрированные эмульсии. Их отличительной особенностью является

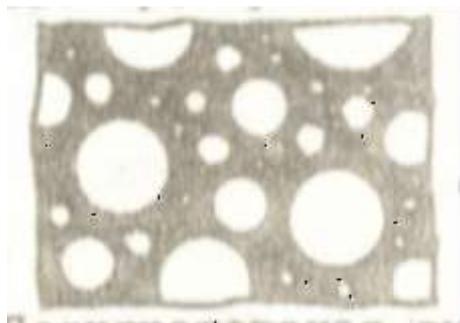


Рис.15. Полидисперсная эмульсия.

является взаимное деформирование капель дисперсной фазы, в результате чего они приобретают форму многогранников, разделенных тонкими пленками дисперсионной среды.

При рассмотрении в микроскоп такие эмульсии напоминают соты (рис.16). Вследствие плотной упаковки капель эти эмульсии не способны к седиментации и обладают механическими свойствами, сходными со свойствами геля (их можно резать ножом), например: маргарин, сливочное масло. При температурах, близких к критической, некоторые жидкости могут самопроизвольно диспергироваться в другой жидкости, образуя эмульсии, называемые “критическими”.

Общим свойством всех эмульсий является агрегативная неустойчивость, т.е. самопроизвольное слияние капель друг с другом (коалесценция), приводящее в итоге к полному разделению эмульсии на 2 слоя (масло и вода).

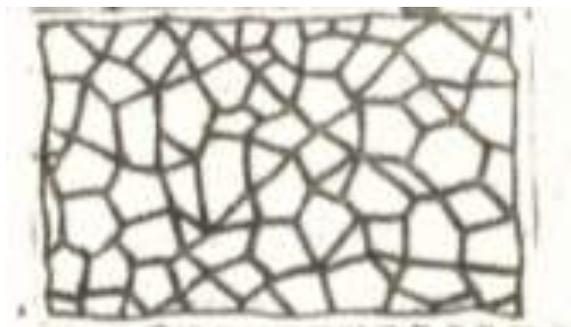


Рис.16. Высококонтрированные эмульсии.

Причиной коалесценции является избыток свободной энергии (ΔF) на межфазной поверхности, которая стремится к уменьшению. Агрегативную устойчивость эмульсий характеризуют либо скоростью расслаивания, либо продолжительностью существования (времени жизни) капель в контакте друг с другом или с межфазной поверхностью.

Образование устойчивых эмульсий возможно только в присутствии веществ, которые адсорбируясь на поверхности капель, делают эмульсию устойчивой, препятствуя коалесценции. Эти вещества называются эмульгаторами. В качестве эмульгаторов могут применяться ПАВы неионогенного и ионогенного типа, высокомолекулярные соединения, порошки.

Эмульгирующее действие ПАВ эффективно при условии, если молекулы эмульгатора не растворяются преимущественно в

какой-нибудь одной из фаз и находятся на межфазной поверхности (рис.17).

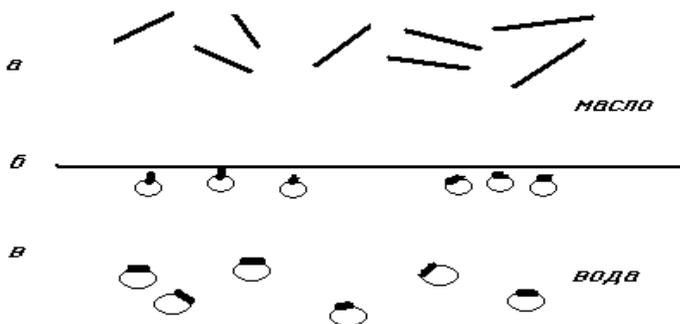


Рис. 17. Поведение различно сбалансированных дифильных молекул эмульгатора: а – молекулы с преобладающей неполярной частью, б – хорошо сбалансированные молекулы, в – молекулы с преобладающей полярной частью.

Высокодисперсные порошки также могут служить эмульгаторами, к ним относятся глины, гипс, сажа и др.

Гидрофильные порошки глины или мела хорошо смачиваются водой ($0^\circ < \theta < 90^\circ$), где θ – краевой угол смачивания и оттягиваются на границе раздела в водную фазу в положение 1а (рис. 18).

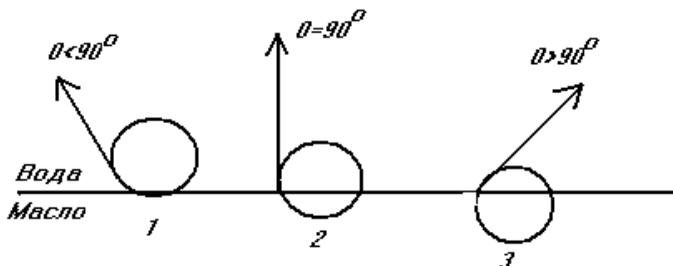


Рис.18. Краевой угол смачивания θ гидрофильных порошков глины или мела.

В этом случае капля масла, окруженная защитным слоем из частиц эмульгатора, не может сблизиться с другой каплей, тогда как эмульсия в/м будет в этих условиях неустойчивой. Наоборот, гидрофобный эмульгатор, например, частички сажи ($\theta > 90^\circ$), будет располагаться в неводной фазе в положении II. В этом

случае устойчивой окажется эмульсия в/м, тогда как капли м/в легко сольются.

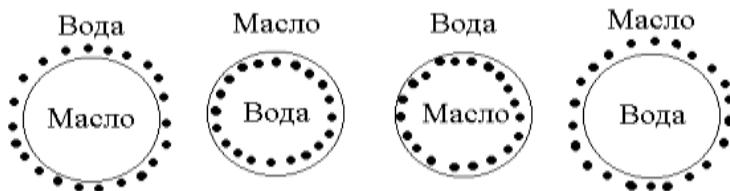


Рис. 19. Расположение частичек твердого эмульгатора на межфазной поверхности при образовании капелек эмульсии (I – гидрофильный, II – гидрофобный эмульгатор).

В случаях I а и II б крупинки твердого эмульгатора находятся с наружу. В случаях I б и II а крупинки твердого эмульгатора находились бы у межфазной поверхности с внутренней стороны капель, в результате чего образование таких эмульсий невозможно.

Понятно, что наличие на поверхности капель одного только слоя твердого эмульгатора еще недостаточно для агрегативной устойчивости системы. Капли такой эмульсии при столкновении должны были бы слипаться, поскольку всегда существует межфазное натяжение на границе твердый эмульгатор – дисперсионная среда. Устойчивость эмульсий в этом случае определяется возникновением на частицах твердого эмульгатора либо двойного электрического слоя, либо достаточно толстой сольватной оболочки.

Стабилизация эмульсии твердым эмульгатором возможна только при условии, что размер частиц порошка меньше размера капель эмульсии. В то же время слишком мелкие частицы порошка, способные совершать интенсивное броуновское движение, не прилипают к поверхности капель и не образуют защитного слоя. Например, эмульсии типа м/в получают только с помощью золя As_2S_3 с достаточно крупными частицами. Высокодисперсные золи As_2S_3 , равно как и грубый осадок As_2S_3 , не способны стабилизировать эмульсии.

Обращение фаз эмульсий.

Эмульсию одного типа можно превратить в эмульсию другого типа. Это явление называется обращением фаз в эмульсиях. Для того, чтобы вызвать такое обращение надо изменить природу эмульгатора. Например, эмульсию бензола в воде, стабилизированную растворимым в воде мылом щелочного металла, легко превратить в эмульсию воды в бензоле. Для этого надо добавить раствор какой-нибудь соли с двух- или трехвалентным катионом. Например, хлористого кальция. Хлористый кальций реагирует с олеатом натрия и образуется нерастворимый в воде олеат кальция, который растворяется в бензоле и стабилизирует эмульсию воды в бензоле.

Обращение фаз при добавлении противоположного эмульгатора происходит постепенно. Вначале при добавлении эмульгатора разрушается первоначальная эмульсия и возникает неустойчивая система, в которой одновременно присутствуют частицы исходной эмульсии, частицы эмульсии обратного типа и сложные образования, содержащие мелкие капли одной фазы, включенные в более крупные капли другой. При дальнейшем прибавлении эмульгатора и энергичном размешивании и взбалтывании происходит полное обращение фаз.

Наблюдения под микроскопом показали, что при обращении фаз капельки дисперсной фазы сначала растягиваются, превращаются в пленки и затем образовавшиеся пленки охватывают дисперсионную среду первоначальной эмульсии, которая в результате этого становится дисперсной фазой.

Методы определения типа эмульсий и применение эмульсий.

П.А. Ребиндер показал, что при эмульгировании всегда образуется 2 типа эмульсии – м/в и в/м и только вследствие большей устойчивости “выживает та эмульсия, которая соответствует природе примененного эмульгатора.

1) Метод смещения.

Небольшую каплю эмульсии помещают на предметное стекло. Рядом с ней наносят каплю воды или неполярной жидкости, в отношении которой можно предположить, что она является дисперсионной средой. Наклоняя стекло, приводят обе капли в соприкосновение и наблюдают, сольются ли обе в одну. Слияние капель является признаком того, что взятая жидкость представляет дисперсионную среду данной эмульсии.

2) Метод электропроводности.

Метод электропроводности основан на том, что вода и водные растворы значительно лучше проводят электрический ток, чем масла, углеводороды и другие малополярные жидкости.

В цепь, состоящую из аккумулятора и двух электродов, погруженных в исследуемую эмульсию, включают миллиамперметр. В том случае, когда дисперсионной средой является вода, миллиамперметр показывает заметное отклонение. Если дисперсионной средой является малополярная жидкость, то тока в цепи не будет.

3) Метод окрашивания.

Этот метод основан на применении красителей, растворимых в неполярных жидкостях и нерастворимых в воде или наоборот. Такими красителями являются, например, судан III или шарлаховый красный. Краситель распыляют над слоем эмульсии, помещённой на предметное стекло. Если дисперсионной средой является масло (малополярная жидкость), то происходит быстрое растворение краски в жидкости, окружающей каплю. Если масло – дисперсная фаза, то окрашиваются капельки, но окрашивание их происходит только спустя некоторое время после энергичного перемешивания. За окрашиванием удобно следить при помощи микроскопа.

4) Разрушение эмульсий

Часто перед технологом стоит задача разрушить эмульсию. Эмульсии типа м/в, полученные с ионогенными эмульгаторами, обычно разрушают, коагулируя их электролитами с поли-

валентными ионами. Так как такие электролиты, взаимодействуя с ионогенной группой эмульгатора, дают соединения, нерастворимые в воде, то введение их в систему равнозначно переводу эмульгатора в неактивную форму.

Часто разрушение эмульсий достигается добавкой де-эмульгатора – вещества, обладающего большой поверхностной активностью и потому вытесняющего с поверхности капли, адсорбированного ранее эмульгатора, но не дающего при этом механически прочного слоя. Это приводит к разрушению эмульсий.

Разрушение эмульсий можно производить путём нагревания, сильного взбалтывания, центрифугирования, при этом капли эмульсии приобретают большую скорость и поэтому при столкновении могут пробить адсорбированный слой эмульгатора и слиться.

Работа 6.1.

Приготовление и обращение эмульсий

Если взбалтывать воду с “маслом”, то образуется эмульсия. Но очень быстро наступит коалесценция – “масло” отделится от воды и произойдёт расслаивание. Чтобы получить устойчивую эмульсию, нужен эмульгатор. В качестве эмульгатора обычно используют ПАВ с достаточно длинным радикалом, чтобы создать на поверхности капли механически прочный адсорбционный слой, предохраняющий капли от слияния.

Эмульсию получают следующим образом:

- в колбочку наливают 10 мл 2%-го раствора олеата натрия и добавляют туда 10 мл бензола или толуола, предварительно окрашенные суданом Ш (судан Ш хорошо растворяется в неполярных жидкостях и плохо в воде и других полярных жидкостях). Для определения типа эмульсии (м/в или в/м) пользуются методами:

1. На предметное стекло помещают капли эмульсии без пены и в микроскопе замечают окрашенные капли или жидкость (в 1-м случае это м/в, во втором – в/м).
2. Измеряют электропроводность раствора эмульсии. Эмульсия м/в проводит ток, а в/м не проводит.

После определения типа эмульсии к 10 мл эмульсии добавляют 5 мл , 0,01 раствора CaCl_2 , энергично взбалтывают в течение 5 мин и опять определяют тип эмульсии. В отчёт необходимо нарисовать схему строения полученных эмульсий.

Работа 6.2.

Получение разбавленных эмульсий различных масел в воде по методу замены растворителя.

Готовят приблизительно 1%-е растворы различных масел: подсолнечного или машинного в ацетоне или этиловом спирте. 3 мл этого раствора прибавляют по каплям в воду при энергичном помешивании. При этом образуются очень сильно разбавленные эмульсии упомянутых масел в воде. Отмечают, как заряжены капельки в этих эмульсиях и что происходит, если к эмульсии добавлять по каплям водные растворы: хлористого натрия 0,1 н, хлористого бария 0,05 н, сернокислого натрия 0,05 н, хлористого алюминия 0,001 н.

Работа 6. 3.

Определение оптимальной концентрации эмульгатора

Приготовить несколько чистых 25 мл цилиндров с пробками. В каждый цилиндр налить по 5 или 10 мл бензола (толуола, ксилола, четырёххлористого углерода или другого “масла” по заданию преподавателя). Добавить по 10 мл раствора олеата натрия, ПЭ или ПАВ различной концентрации (1%, 0,5%, 0,25% и т.д., по заданию преподавателя). Затем встряхивать в течение 10 мин, после чего включить секундомер и определить кинетику разрушения эмульсии по количеству выделившейся масляной фазы через 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60 мин. Полученные результаты записать в таблицу в виде графика:

$$V_{\text{масла}} = f(t),$$

где $V_{\text{масла}}$ – объём выделившегося масла, t - время.

Та концентрация олеата натрия, которая способствует наименьшему выделению масляной фазы и наибольшей устойчивости эмульсии, является оптимальной.

Вопросы текущего контроля

1. Что называется эмульсиями?
2. Какие типы эмульсии знаете?
3. Как классифицируются эмульсии по концентрации дисперсной фазы?
4. Что такое монодисперсная эмульсия?
5. Как определяется тип эмульсий?
6. Какие вещества называются эмульгаторами?
7. Какие существуют факторы устойчивости эмульсии?
8. Как осуществляется обращение фаз эмульсий?
9. Какие существуют методы получения эмульсий?
10. Рассказать о практическом значении эмульсии.

Литература.

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. -М.: Химия. 1976. С.223-254.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л.: Химия. 1984. С.22-26.
3. Лавров И.Г. Практикум по коллоидной химии. -М.: Высшая школа. 1983. С. 76-83.
4. Фролов Ю.Г. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. -М.: Химия. 1986. С. 159-167.

План семинарских занятий

- I. Получение дисперсных систем. Диспергационные и конденсационные методы получения дисперсных систем. Сущность диспергационного метода. Физическая и химическая конденсация. Получение дисперсных систем методом пептизации.
- II. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем. Броуновское движение, скорость диффузии, физический смысл коэффициента диффузии и факторы, влияющие на его величину. Оптические свойства коллоидных систем. Светорассеяние (опалесценция), эффект Тиндаля-Фарадея.

- III. Поверхностное явление и адсорбция. Поверхностные явления – адсорбция, адгезия, смачивание, растекание. Виды адсорбции. Адсорбенты. Работа адгезии. Смачивание, растекание. Виды адсорбции. Адсорбенты. Работа адгезии. Смачивание и краевой угол. Коэффициент растекания.
- IV. Электрические свойства дисперсных систем. Строение коллоидных мицелл. Правило Папета-Фаянса. Строение двойного электрического слоя. Потенциал, определяющий противоионы. Пример строения мицеллы.
- V. Устойчивость и коагуляция коллоидных систем. Агрегативная и кинетическая устойчивость. Факторы агрегативной устойчивости. Современная теория устойчивости (ДЛФО). Коагуляция дисперсных систем. Коагуляция электролитами. Правило Шульца-Гарди.

Вопросы семинарских занятий

I.

1. Что изучает коллоидная химия? Что такое дисперсная фаза и дисперсная среда?
2. Значение коллоидных систем и коллоидно-химических явлений в науке и технике.
3. Что такое дисперсность, гомогенность, гетерогенность? Какие системы называются дисперсными?
4. Классификация коллоидных систем по степени дисперсности и агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
5. Дисперсные системы в природе и технике.
6. В каких пределах колеблется размер коллоидных частиц? Какие методы существуют для получения коллоидных систем и в чём их сущность?
7. Какова роль стабилизатора при получении дисперсных систем?
8. Назовите методы синтеза дисперсных систем. Приведите примеры синтеза золь методами диспергирования и конденсации.
9. Что называется пептизацией? Приведите примеры и объясните.

10. Какие системы называются суспензиями? Отличие суспензий от золей.

II.

1. Какие различия и что общего в молекулярно-кинетических свойствах коллоидных и истинных растворов?
2. Броуновское движение в коллоидных системах. Средний квадратичный сдвиг и факторы, влияющие на его величину. Связь среднего квадратичного сдвига с коэффициентом диффузии.
3. Диффузия в коллоидных системах. Скорость диффузии, первый и второй законы Фика. Физический смысл коэффициента диффузии и факторы, влияющие на его величину.
4. В чём состоит явление седиментации? Что и как можно определить с помощью седиментационного анализа?
5. Какому закону подчиняется распределение коллоидных частиц по высоте?
6. В чём состоит явление светорассеяния? Напишите уравнение Рэлея. Дайте его анализ.
7. В чём заключается явление Тиндаля? Для каких систем оно характерно?
8. Какие оптические методы определения концентрации и размера частиц золей основано на явлении светорассеяния? Как определить средний радиус частиц золя с помощью ультрамикроскопа?
9. Какими методами можно определить размер частиц золей? На чём основан этот метод?
10. Определение размеров и формы мицелл оптическими методами. Нефелометрия, электронный микроскоп.

III.

1. Какой величиной характеризуется степень раздробленности вещества? Что называется общей и удельной поверхностью частиц? Для частиц шарообразной формы.
2. Термодинамика поверхности раздела. Внутренняя и свободная энергия поверхностного раздела. Поверхностное натяжение как мера свободной поверхностной энергии.
3. Причина возникновения поверхностного натяжения. Единицы измерения. Факторы, влияющие на величину поверхност-

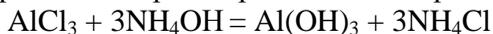
ного натяжения. Методы измерения поверхностного натяжения жидкостей.

4. Адсорбция. Природа адсорбционных сил. Физическая и химическая адсорбция, различия между ними. Термодинамическая теория адсорбции Гиббса.
5. Что называется поверхностно-активными веществами (ПАВ)? Как происходит адсорбция ПАВ на границе вода-воздух? Связь адсорбции с изменением поверхностного натяжения. Как определить величину $d\sigma / dc$ в уравнении Гиббсу?
6. Уравнение Шишковского, правило Траубе. Классификация ПАВ. Анион- и катион активные вещества. Поверхностно-инактивные вещества.
7. Основные положения мономолекулярной теории адсорбции Ленгмюра. Уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Физический смысл констант Γ_{∞} и v , их графическое определение.
8. Адсорбция из растворов. Гидрофильное и гидрофобные поверхности. Привести примеры. Правило уравнения полярностей и правило Траубе.
9. Что такое адгезия и когезия? Количественная мера адгезии и когезии. Механизм возникновения прилипания и их объяснение теориями адгезии.
10. Методы измерения краевого угла смачивания. Влияние различных факторов на краевой угол смачивания.

IV.

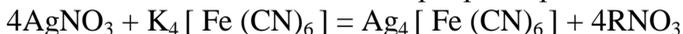
1. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос. Эффекты Квинке и Дорна.
2. Что такое электрокинетический потенциал? От чего зависят знак и величина потенциала?
3. Теория строения двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца и Гуи-Чепмена.
4. Как объясняется строение двойного электрического слоя по теории Штерна?
5. Как по скорости электрофореза определить электрокинетический потенциал?

6. Причина возникновения заряда на ядре мицеллы. Строение двойного электрического слоя мицеллы.
7. Строение мицеллы. Какова роль ионной адсорбции при образовании коллоидной частицы?
8. Напишите формулу мицеллы гидрата окиси аммония, полученного при избытке раствора аммиака по реакции:



Объясните её строение.

9. Напишите формулу мицеллы железо-цианистого серебра по реакции избытка азотнокислого серебра по реакции:



Объясните строение.

10. Напишите формулу мицеллы золя золота, стабилизированного к А и О₂, полученного по реакции:



V.

1. Что такое агрегативная и кинетическая устойчивость дисперсных систем? Роль стабилизатора. Факторы стабилизации дисперсных систем.
2. Теория устойчивости дисперсных систем Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека (ДЛФО).
3. Какие вещества применяются для стабилизации дисперсных систем? Какими свойствами должно обладать ПАВ, чтобы служить стабилизатором и почему?
4. Приведите и дайте анализ потенциальной кривой для устойчивой коллоидной системы. Какие силы преобладают при сближении частиц в этой системе?
5. Что такое коагуляция? Факторы, вызывающие коагуляцию. Правила электролитической коагуляции.
6. Зависимость скорости коагуляции коллоидных систем от концентрации электролита. Дать основные положения теории кинетики быстрой коагуляции Смолуховского.
7. Явная и скрытая коагуляция. Зависимость скорости коагуляции коллоидных систем от концентрации электролита. Порог коагуляции. Правило Шульца-Гарди.

8. Объясните коагуляцию коллоидных систем с учётом сил электростатического отталкивания и молекулярного притяжения (теория ДЛФО).
9. Как протекает коагуляция в присутствии смеси электролитов? Что такое аддитивность, антагонизм, синергизм?
10. Какой объём электролита $K_2Cr_2O_7$ нужно добавить к $1 \cdot 10^{-3} m^3$ $Al(OH)_3$, чтобы вызвать его коагуляцию? Концентрация электролита $0,01 \text{ кмоль}/m^3$, порог коагуляции $\Upsilon = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль}/m^3$.

Типовые задачи

Задача 1.

Вычислить величину среднего сдвига коллоидных частиц гидрозоля гидрата окиси железа при температуре $T=293^0$ за время $\phi = 4$ сек, если радиус частиц $r = 10^{-8} m$, вязкость воды $\eta = 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{сек}/m^2$.

Согласно уравнению Эйнштейна величина среднего сдвига $\bar{x}^{-2} = 2D\tau$, где D – коэффициент диффузии. Подставляя значения D для шарообразных частиц, получим:

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{RT}{N} \cdot \frac{\tau}{3\pi\eta r}}$$

где R - газовая постоянная, T – температура, 0K , N - число Авогардо, r - радиус частицы, m , η - вязкость среды, $\text{Н} \cdot \text{сек}/m^2$, τ - время, сек.

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 293 \cdot 4}{6,06 \cdot 10^{26} \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 10^{-8}}} = 12,9 \cdot 10^{-6}$$

Задача 2.

Определить осмотическое давление гидрозоля золота концентрации $2 \text{ кг}/m^3$ с диаметром частиц $d = 6 \cdot 10^{-9} m$ и плотностью $= 19,3 \cdot 10^3 \text{ кг}/m^3$. Температура $T = 293^0K$.

Решение: Осмотическое давление равно

$$\pi = \frac{C}{M} \cdot RT, \quad M = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho N - \text{молекулярный}$$

или мицеллярный вес вещества.

$$\Pi = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 293 \cdot 10^3}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \left(\frac{6 \cdot 10^{-9}}{2} \right)^3 \cdot 19,3 \cdot 10^3 \cdot 6,06 \cdot 10^{26}} = \frac{48,69660 \cdot 10^5}{13,22090 \cdot 10^5} = 3,68 \text{ Н/м}^2$$

Задача 3.

Для водного раствора пропилового спирта найдены следующие значения констант уравнения Шишковского (при 293⁰К) $a = 14,4 \cdot 10^{-3}$, $b = 6,6$. Вычислить поверхностное натяжение раствора с концентрацией 1 кмоль/м³. Поверхностное натяжение воды $y_0 = 72,53 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Решение.

Уравнение Шишковского $y_0 - y = a \ln(1 + bc)$,

где y_0 – поверхностное натяжение растворителя;

y – поверхностное натяжение раствора;

a и b – эмперические константы;

c – концентрация раствора.

Поверхностное натяжение раствора:

$$y = y_0 - a \ln(1 + bc) = 72,53 \cdot 10^{-3} - 14,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \lg(1 + 6,6 \cdot 1) = 53,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

Задача 4

Найти поверхностный избыток (кмоль/м³) пеларгоновой кислоты $C_8H_{17}COOH$ при 10⁰С для концентрации раствора 50 мг/л. Поверхностное натяжение воды при данной температуре $74,22 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а раствора указанной концентрации $57,0 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

Решение.

Используем концентрацию в килограмм-молекулах на кубический метр. M кислоты = 158. В 1 л содержится 0,05 г кис-

лоты. В 1 м^3 этого раствора будет $0,05 \text{ кг}$ кислоты, т.е. $\frac{0,05}{158}$ кмоль/ м^3 . $C_1 = 0$.

$$G = -\frac{0,05}{158 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 283} \left(\frac{57 \cdot 10^{-3} - 74,22 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,05}{158}} \right),$$

$$G = -\frac{-17,22 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 283} = 7,32 \cdot 10^{-9} \text{ кмоль/м}^3.$$

Задача 5

Электрокинетический потенциал частиц гидрозоля, найденный методом электрофореза, равен 50 мВ . Приложенная внешняя ЭДС 240 В , а расстояние между электродами 40 см . Вычислить электрофоретическую скорость частиц золя, полагая, что они имеют цилиндрическую форму. Вязкость воды $\eta = 0,001 \text{ Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$, диэлектрическая постоянная среды $\epsilon = 81$.
Решение.

Используем формулу: $\zeta = \frac{4x\eta u}{\epsilon H}$, откуда скорость

$$u = \frac{\zeta \cdot \epsilon \cdot H}{4\ell\eta},$$

где ζ - электрокинетический потенциал (дзета потенциал), В

u - электрофоретическая скорость, м/сек

η - вязкость среды, $\text{Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$.

H - градиент потенциала, В/м

ℓ - расстояние между электродами, м.

Определяем градиент потенциала

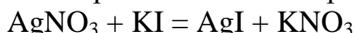
$$H = \frac{\epsilon}{\ell} = \frac{240}{0,4} = 600 \text{ В/м}$$

$$\text{Скорость } u = \frac{0,05 \cdot 81 \cdot 600}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,001} \frac{1}{9 \cdot 10^9} = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ м/сек}$$

Коэффициент $\frac{1}{9 \cdot 10^9}$ служит для выражения диэлектрической постоянной ϵ в единицах системы СИ (фарад/м).

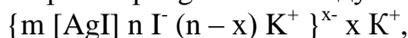
Задача 6

Написать формулу мицеллы коллоидного раствора йодида серебра, полученного при избытке KI по реакции:



Решение.

Коллоидный раствор AgI имеет следующую структуру:



где m - количество молекул AgI;

n - количество потенцилообразующих ионов Γ ;

$(n - x)$ - количество противоионов K^+ .

В этом примере коллоидная частица заряжена отрицательно.

Задача 7

В три колбы было налито по 100 см³ золя Fe(OH)₃. Для того, что бы вызвать коагуляцию потребовалось добавить: в первую колбу 10,5 см³ 1 Н раствора KCl, во вторую 62,5 см³ 0,01 Н раствора Na₂SO₄, в третью 37,0 см³ 0,001 Н раствора Na₃PO₄. Вычислить порог коагуляции каждого электролита и определить знак заряда частиц золя.

Решение.

Определить сколько г-эquiv или мг-эquiv KCl содержится в 10,5 см³ 1 Н раствора хлорида калия.

1 г-эquiv- 1000 см³ -1 Н

$$X = \frac{10,5 \cdot 1}{1000} 0,0105 \frac{\text{г}}{\text{эquiv}}$$

X - 10,5 см³ -1 Н

Учитывая общий объем раствора (золь+раствор электролита) равный $100+10,5=110,5 \text{ см}^3$, определяем порог коагуляции (мл-

$$\text{экв/л) для KCl } \gamma_{KCl} = \frac{10,5 \cdot 1000}{110,5} = 95,0 \text{ мг} - \text{ экв/л}$$

Аналогично находим пороги коагуляции для электролита Na_2SO_4 и Na_3PO_4 .

В $62,5 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ Н}$ раствора Na_2SO_4 содержится $\frac{62,5 \cdot 0,01}{1000} = 0,000625 \text{ г} - \text{ экв}$ или $0,625 \text{ мг-экв}$. Порог коагуляции

$$\text{равен } \gamma_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{0,625 \cdot 1000}{162,5} = 3,8 \text{ мг} - \text{ экв/л}$$

В $37,0 \text{ см}^3$ $0,001 \text{ Н}$ раствора Na_3PO_4 содержится $\frac{37,0 \cdot 0,001}{1000} = 0,000037 \text{ г} - \text{ экв}$ или $0,037 \text{ мг-экв}$. Порог коагуляции равен

$$\gamma_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = \frac{0,037 \cdot 1000}{137} = 0,27 \text{ мг} - \text{ экв/л}$$

Задача 8.

Пороги коагуляции $\text{Fe}(\text{OH})_3$ для электролита KJ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ соответственно равны $10,0$ и $0,195 \text{ ммоль/л}$. Во сколько раз коагулирующая способность двухромовокислого калия больше, чем у иодистого калия.

Решение.

Коагулирующие способности электролитов являются величинами, обратными их порогам коагуляции.

$$\frac{1}{\gamma_{KJ}} = \frac{1}{10} = 0,1, \quad \frac{1}{\gamma_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{1}{0,195} = 5,1,$$

значит $0,1:5,1=1:51$, таким образом, коагулирующая способность $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ для золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$ больше, чем KJ в 51 раз.

Задача 9.

Вычислить скорость истечения жидкости из капилляра длиной $l = 4,5 \cdot 10^{-2}$ м с радиусом сечения $r = 22 \cdot 10^{-5}$ м под давлением $P = 975$ Н/м². Вязкость жидкости $\eta = 1,8 \cdot 10^{-3}$ Н · сек / м².

Решение.

Объёмная скорость течения м³/сек -

$$\frac{V}{\tau} = \frac{\pi r^4 P}{8 \cdot \eta l},$$

где P – приложенное давление (или напряжение на сдвиг), Н/м²;

r – радиус капилляра, м;

l – длина капилляра, м;

η – вязкость жидкости, Н · сек / м².

Вычисляем скорость истечения жидкости:

$$\frac{V}{\tau} = \frac{\pi r^4 P}{8 \eta l} = \frac{3,14(22 \cdot 10^{-5}) \cdot 975}{8 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}} = 1,107 \cdot 10^{-6}$$

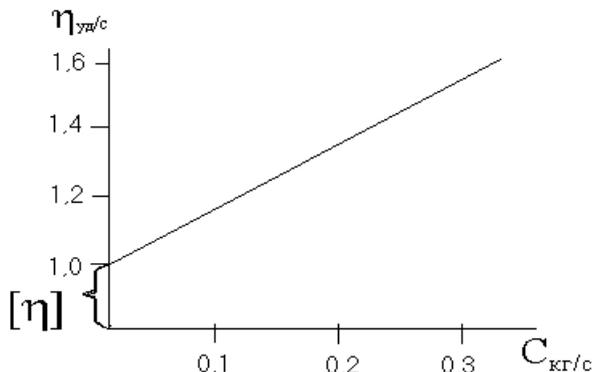
Задача 10.

Определить молекулярный вес полистирола по следующим данным вискозиметрического метода:

Концентрация раствора C , кг/м ³	0,15	0,2	0,2 5	0,3	0,35
Приведенная вязкость раствора полимера в толуоле $\gamma_{уд}/с$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Константы $K=1,34 \cdot 10^{-4}$ $\alpha=0,71$					

Решение.

Строим график зависимости приведенной вязкости от концентрации. Экстраполируя полученную прямую и нулевую концентрации, отсекаем на оси ординат отрезок, равный характеристической вязкости.



Представляя значение $[\eta]$ в уравнение $[\eta] = M \cdot K^\alpha$, вычисляем молярный вес полимера.

$$\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg K}{\alpha} = \frac{\lg 1,005 - \lg(1,34 \cdot 10^{-4})}{0,7} = 5,458$$

$$M = 287000$$

Задачи для решения

1. Вычислить величину среднего сдвига коллоидных частиц гидрозоля гидрата окиси железа при 293^0K за время $\tau = 4$ сек, если радиус частиц $r = 10^{-8}$ м, вязкость воды $\eta = 10^{-3}$ Н сек/м².
2. Найти величину коэффициента диффузии мицелл мыла в воде при температуре $T = 313^0\text{K}$ и при среднем радиусе $r = 125 \cdot 10^{-10}$ м. Вязкость воды $\eta = 6,5 \cdot 10^{-4}$ Н сек/м², постоянная Больцмана $K = 1,33 \cdot 10^{-23}$ дж/град.
3. Вычислить формулу Ленгмюра величину адсорбции изоамилового спирта концентрации $C = 0.1$ кмоль/м³ на поверхности раздела водяной раствор-воздух при 293^0K по данным константам: $\Gamma_\infty = 8,7 \cdot 10^{-9}$ кмоль/м², $b = 42$.

4. Найти площадь, приходящуюся на одну молекулу в насыщенном адсорбционном слое анилина на поверхности его водного раствора, если предельная адсорбция $\Gamma_{\infty}=6 \cdot 10^{-9}$ кмоль/м.
5. Вычислить электрофоретическую скорость частиц глины, если ζ -потенциал частиц 48,8 мВ. Разность потенциалов между электродами равна 220 В, а расстояние между ними 44 см, вязкость $\eta=0,001$ Н сек/м², диэлектрическая постоянная $\epsilon=81$, форма частиц сферическая.
6. Найти величину ξ - на границе мембрана углекислого бария – 96%-ный раствор этилового спирта. Потенциал течения $E=0,7$ В, электропроводность среды $\chi=1,10 \cdot 10^{-3}$ Н-сек/м², диэлектрическая проницаемость $\epsilon=81$, электрическая константа $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ фарад/м.
7. Напишите формулу мицеллы берлинской лазури, полученной пептизацией ее осадка, образованного при избытке $K_4[Fe(CN)_6]$. Объясните его строение.
8. Для коагуляции $10 \cdot 10^{-6}$ м³ золя AgI требуется $0,45 \cdot 10^{-6}$ м³ раствора $Va(NO_2)_3$. Концентрация электролита равна $0,05$ кмоль/м³. Найти порог коагуляции.
9. Определить молекулярный вес поливинилацетата в растворителях (бензоле и ацетоне), используя экспериментальные данные вискозиметрического метода:

Концентрация раствора $C, \text{ кг/м}^3$	1	3	5	7
Приведенная вязкость $\eta_{уд/с}$				
В бензоле	0,385	0,465	0,530	0,615
В ацетоне	0,242	0,285	0,310	0,355
Константы $K=1,02 \cdot 10^{-4}$ $\alpha=0,72$				

- 10 . Вычислить скорость истечения жидкости из капилляра длиной $5 \cdot 10^{-2}$ м, с радиусом сечения $\eta=25 \cdot 10^{-5}$ м под давлением $P=980$ Н/м². Вязкость жидкости $\eta=2 \cdot 10^{-3}$ Н-сек/м².

ТЕСТЫ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

1- ВАРИАНТ.

1. Основатель коллоидной химии:
 - A. Песков
 - В. Ломоносов
 - С. *Грэм
 - D. Фарадей
2. Что такое пептизация?
 - A. Процесс выпадения осадка из коллоидного раствора при добавлении электролита в количестве равном пороговой концентрации
 - В. *Процесс превращения рыхлых осадков в коллоидные растворы при действии на них электролитов, способных адсорбироваться на поверхности коллоидных частиц;
 - С. Процесс превращения рыхлых осадков в коллоидные растворы при действии на них высокомолекулярных веществ;
 - D. Процесс выпадения осадка из коллоидного раствора при добавлении ВМС.
3. Причина кинетической устойчивости зольей:
 - A. Заряд
 - В. Природа
 - С. Сольватная оболочка
 - D. *Броуновские движение и диффузия
4. Каким способом получают бензолзоль натрия?
 - A. Механическим
 - В. С помощью ультразвука
 - С. *Физической конденсации
 - D. Химической конденсации
5. Какая из следующих систем считается коллоидной?
 - A. Водный раствор хлористого натрия
 - В. *Водный раствор желатины
 - С. Глина
 - D. Молоко
6. Что такое электроосмос?
 - A. Движение молекул коллоидного раствора в электрическом поле;

- В. *Движение жидкости коллоидного раствора через пористое твердое тело под действием внешнего электрического поля;
- С. Движение коллоидного раствора в электрическом поле;
- Д. Движение коллоидных частиц в электрическом поле.

7. Порог коагуляции:

- А. Наибольшая концентрация электролита, вызывающая коагуляцию;
- В. Наибольшая концентрация ПАВ, вызывающая коагуляцию;
- С. *Наименьшая концентрация электролита, вызывающая открытую коагуляцию и выраженная в ммоль/л;
- Д. Наименьшая концентрация вызывающая коагуляцию и выраженная в г.экв/л;

8. При получении золя хлористого серебра, в избытке брали хлорида калия. Какой ион адсорбируется на поверхности ядра?

- А. K^+
- В. * Cl^-
- С. Ag^+
- Д. NO_3^-

9. При добавлении чего можно защищать лиофобную золь от коагуляции?

- А. Раствора электролита
- В. Другого лиофобного золя
- С. *Лиофильного золя
- Д. Органического растворителя

10. В каких пределах находятся размеры коллоидных частицы?

- А. Менше 1 ммк
- В. Больше 100 ммк
- С. *1-100 ммк;
- Д. 0,1-1 ммк

2-ВАРИАНТ.

1. Что такое лиозоль?

- А. Дисперсная система, в которой дисперсная среда твердое;
- В. *Дисперсная система, в которой дисперсная среда жидкость;
- С. Дисперсная система, с твердой фазой и газообразной средой;
- Д. Дисперсная система, состоящая из твердой среды и жидкой фазы.

2. Каким способом очищают золь от электролитов?
 - A. Простой фильтрацией
 - B. Декантацией
 - C. Возгонкой
 - D. *Диализом
3. Каким дисперсным системам относятся суспензии и эмульсии?
 - A. Истинным растворам
 - B. Смесям
 - C. Коллоидным растворам
 - D. *Грубо-дисперсным системам
4. Правило избирательной адсорбции Пескова-Фаянса:
 - A. Коллоидный раствор хорошо адсорбирует те ионы, которые входят в ее кристаллическую решетку;
 - B. *Коллоидная частица хорошо адсорбирует те ионы, которые входят в ее кристаллическую решетку;
 - C. Коллоидная частица адсорбирует противоположные ионы;
 - D. Коллоидная частица адсорбирует одноименные заряды.
5. Что называется электрофорезом?
 - A. Движение незаряженных частиц в постоянном электрическом поле;
 - B. Движение коллоидного раствора в электрическом поле;
 - C. *Движение коллоидной частицы в электрическом поле к противоположному заряду;
 - D. Движение дисперсной среды в электрическом поле;
6. Какие полимеры называются полиэлектролитами?
 - A. Имеющие изоэлектрическую точку
 - B. *Содержащие ионогенную группу
 - C. Вязкие
 - D. Лестничные
7. Какие полимеры называются полиамфолитами?
 - A. *Несущие как положительные, так и отрицательные заряды
 - B. Незаряженные
 - C. Положительно заряженные
 - D. Отрицательно заряженные
8. Какое состояние белка называют изоэлектрическими?
 - A. Растворенное

- В. При мембранном равновесии
- С. Высоковязкое
- D. *Значение рН, при котором электрофоретическая подвижность белка равна нулю
- 9. Какое явление называется коллоидной защитой?
 - A. Агрегация молекул ПАВ
 - В. *Повышение устойчивости лиофобных золь к коагулирующему действию электролитов под действием ВМС или ПАВ
 - С. Переходящие из вытянутой в сложенную конформацию молекул ВМС
 - D. Переходящие из сложенной в вытянутую конформацию, молекул ВМС
- 10. Из каких стадий складывается процесс взаимодействия ВМС с растворителем?
 - A. Увеличение жесткости и гибкости молекул ВМС
 - В. Изменения строения ВМС
 - В. *Набухание и растворение ВМС
 - С. Изменение рН и растворение

3-ВАРИАНТ.

1. Чем объясняется аномальная вязкость растворов ВМС
 - A. *Взаимодействием вытянутых и гибких макромолекул с образованием структурированных систем
 - В. Наличием изоэлектрических точек
 - С. Набухаемостью
 - D. Гибкой структурой
2. Какие факторы влияют на степень набухания?
 - A. *Природа полимера, растворитель, температура
 - В. Присутствие электролитов, рН среда
 - С. Наличие катализатора
 - D. Концентрация растворителя
3. Как изменяется поверхностная активность в гомологических рядах ПАВ?
 - A. По правилу Генри
 - В. *По правилу Траубе возрастает 3,2 раза при увеличении углеводородной цепи на одну CH_2 групп
 - С. Уменьшается с ростом количества метиленовых групп

- D. Не изменяется
4. Как изменяется физическая адсорбция с ростом температуры?
- A. Увеличивается
- B. *Уменьшается
- C. Не изменяется
- D. Иногда увеличивается, иногда падает
5. Процессы уменьшающие поверхностную энергию:
- A. *Накопление на границе раздела фаз жидкостей и твердых тел других веществ
- B. Увеличение поверхности твердых веществ
- C. Уменьшение поверхности твердых тел
- D. Нахождение частиц в объеме жидкостей в равновесии
6. Вещества адсорбировавшие на своей поверхности других веществ:
- A. Адсорбтив
- B. *Адсорбент
- C. Адсорбат
- D. Элюат
7. Хемосорбция:
- A. *Адсорбция в процессе которой происходит химическая реакция
- B. Поглощение веществ в результате химической реакции в гомогенной системе
- C. Последовательные химические и физические реакции
- D. Процессы происходящие без реакции
8. К каким процессам относится хемосорбция
- A. Обратимым
- B. *Не обратимым
- C. Изменяющимся
- D. Физическим
9. Гидрофильные адсорбенты:
- A. Хорошо адсорбируют веществ из водного раствора
- B. *Хорошо адсорбируют веществ из бензольного раствора
- C. Одинаково адсорбируют веществ из водного и бензольного раствора
- D. Не адсорбируют из бензольного раствора
10. Для каких растворов применима уравнение Фрейндлиха?

- A. Разбавленных
- B. Концентрированных
- C. Концентрация не имеет значение
- D. *Средних концентраций

4-ВАРИАНТ.

1. Кто предложил мономолекулярную теорию адсорбции
 - A. Фрейндлих
 - B. Поляни
 - C. Ребиндер
 - D. *Ленгмюр
2. Кому принадлежит теория полимолекулярной адсорбции?
 - A. Ленгмюр
 - B. *Поляни
 - C. БЭТ
 - D. Фрейндлих
3. Обменная адсорбция когда происходит?
 - A. *Если ионы адсорбента обмениваются ионами электролита
 - B. Если ионы адсорбента обмениваются растворителем
 - C. Если адсорбент обменивается адсорбатом
 - D. Если на месте ионов адсорбента приходит радикал
4. Для разделения компонентов смеси какой метод применим
 - A. Молекулярная адсорбция
 - B. *Адсорбционная хроматография
 - C. Полимолекулярная адсорбция
 - D. Мономолекулярная адсорбция
5. Уравнение $X / m = K * C^{1/n}$ кому принадлежит
 - A. Гиббсу
 - B. *Фрейндлиху
 - C. Ленгмюру
 - D. Поляни
6. Как изменяется химическая адсорбция (хемосорбция) с ростом температуры
 - A. Снижается
 - B. *Увеличивается
 - C. Не изменяется
 - D. Иногда растет, иногда снижается

7. Как выражается единица измерения поверхностного натяжения

А. моль/л

В. $H * C / M^2$

С. Па*С

Д. *н/м или Дж/м²

8. Что такое ККМ

А. Скопление молекул ПАВ на границе раздела фаз

В. Беспорядочное движение молекул ПАВ

С. С ростом концентрации ассоциирование дифильных молекул ПАВ в растворе

Д. *минимальная мицеллообразующая концентрация ПАВ

9. Основателем коллоидной химии является

А. М.В.Ломоносов

В. Ф.Ф.Рейс

С. *Т.Грэм

Д. П.П.Веймарн

10. Как называется система с жидкой дисперсной средой и жидкой фазой

А. *Эмульсия

В. Истинный раствор

С. Коллоидный раствор

Д. Суспензия

5-ВАРИАНТ.

1. Что такое капиллярная конденсация

А. Это мономолекулярная адсорбция

В. Это полимолекулярная адсорбция

С. Адсорбция, протекающая на активных центрах

Д. *Адсорбция паров в порах адсорбента и последующая их конденсация

2. Основные признаки коллоидной системы

А. Высокомолекулярность

В. *Гетерогенность и дисперсность

С. Растворимость

Д. Набухаемость

3. Набухание ВМС бывает
- A. Неограниченное
 - B. Ограниченное
 - C. Селективное
 - D. *А и В
4. Набухание определяется
- A. Электропроводностью
 - B. Вязкостью
 - C. Текучестью
 - D. *Степенью набухаемости
5. Что такое простая реакция
- A. *Если продукт образуется в результате непосредственного взаимодействия молекул (частиц) реагентов
 - B. Если конечный продукт получается в результате осуществления двух или более элементарных актов
 - C. Все биохимические реакции
 - D. Реакции протекающие с образованием промежуточных соединений
6. Основной закон химической кинетики:
- A. Скорость химической реакции пропорционально число активных молекул которые сталкиваются друг с другом;
 - B. *Скорость химической реакции прямо пропорционально произведению концентраций веществ участвующих в реакции;
 - C. При повышении температуры на каждый 10^0C скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза;
 - D. Скорость многостадийных реакции определяется скоростью самой медленной стадии;
7. Почему повышение температуры приводит к увеличению скорости реакции?
- A. Из за уменьшения энергии активации реакции;
 - B. Из за увеличения энергии активации реакции;
 - C. Увеличивается общее число молекул;
 - D. *Увеличивается доля активных молекул;
8. Причины, вызывающие адсорбцию:
- A. Стремление системы к увеличению поверхностного натяжения;
 - B. Изменение концентрации в поверхностном слое;

- С. Стремление веществ расположиться на поверхностном слое;
 D. *В и С
9. На каких границах раздела существует поверхностное натяжение:
 А. На границе Т-Т;
 В. На границе Ж-Г;
 С. На границе Ж-Ж;
 D. *А и С
10. На каких границах раздела существует поверхностное натяжение?
 А. На границе Ж-Ж
 В. *На границе Ж-Г
 С. На границе твёрдое тело-жидкость
 D. *А и В

6-ВАРИАНТ.

1. На каком принципе основано измерение поверхностного натяжения в приборе Ребиндера?
 А. На обратной зависимости между приложенным давлением и поверхностным натяжением
 В. На зависимости поверхностного натяжения от внешнего давления
 С. *На прямой зависимости между давлением в пузырьке воздуха в момент отрыва пузырька и поверхностным натяжением
 D. На зависимости поверхностного натяжения от внутреннего давления молекул
2. Какая кислота имеет большую поверхностную активность?
 А. * $CH_3(CH_2)_4COOH$
 В. $CH_3(CH_2)_3COOH$
 С. $CH_3(CH_2)_2COOH$
 D. CH_3CH_2COOH
3. Причины, вызывающие адсорбцию?

А. Стремление системы к увеличению поверхностного натяжения

В. Стремление системы уменьшить поверхностную свободную энергию

С. Изменение концентрации в поверхностном слое

Д. *В и С

4. Как зависит адсорбция на подвижной границе раздела от концентрации адсорбтива температуры и поверхностной активности.

А. Пропорциональна средней концентрации и температуре и обратно пропорциональна поверхностной активности

В. *Прямо пропорциональна средней концентрации и поверхностной активности и обратно пропорциональна температуре

С. Прямо пропорциональна поверхностной активности и обратно пропорциональна средней концентрации и температуре.

Д. Увеличивается с увеличением температуры и падает с увеличением концентрации и поверхностной активности.

5. Что такое поверхностное натяжение?

А. Силы взаимодействия молекул на поверхности

В. Максимальная работа создания единицы новой поверхности

С. Сила которая потребуется для увеличения на 1 единицу поверхности

Д. *В и С

6. По какому уравнению рассчитывается поверхностное натяжение, если его определение производилось по методу Ребиндера.

А. $\sigma = \sigma_0 P_0 / P$; В. * $\sigma = \sigma_0 h / h_0$; С. $\sigma = \sigma_0 P / P_0$

Д. $\sigma = \sigma_0 h_0 / h$

7. Чему равна поверхностная активность при данной концентрации ПАВ?

А. $g = (\sigma_1 - \sigma_2) / (C_2 - C_1)$; В. * $g = (\sigma_2 - \sigma_1) / (C_2 - C_1)$; С. $g = -(C_2 - C_1) / (\sigma_2 - \sigma_1)$

Д. $g = -(C_1 - C_2) / (\sigma_1 - \sigma_2)$

8. Является ли уравнение Гиббса универсальным; можно ли его использовать для расчета величины адсорбции на твёрдом адсорбенте?

А. Является; можно

В. Является; не используется, т.к. нет достаточно точных методов определения поверхностного натяжения на твёрдом адсорбенте.

С. *Не является; с помощью этого уравнения адсорбцию на твёрдом адсорбенте не вычисляют.

Д. Является; нельзя.

9. Особенности строения ПАВ?

А. Вещества содержащие полярные группы

В. Вещества содержащие неполярные и гидрофобные группы

С. Вещества содержащие углеводородную цепочку

Д. *Вещества молекулы которых состоят из гидрофильных и гидрофобных частей

10. Между какими величинами устанавливает зависимость уравнение изотермы адсорбции?

А. Зависимость адсорбции от поверхностного натяжения на границе раздела при пост. t^0

В. Зависимость адсорбции от t^0

С. Зависимость концентрации от адсорбции при пост. t^0

Д. *Зависимость величины адсорбции от концентрации при пост. t^0

7-ВАРИАНТ.

1. Какую зависимость выражает изотерма поверхностного натяжения

А. Зависимость поверхностного натяжения от температуры при постоянном давлении

В. *Зависимость поверхностного натяжения от концентрации вещества при постоянной температуре

С. Зависимость поверхностного натяжения от давления при постоянной температуре

Д. Зависимость поверхностной активности от концентрации адсорбирующегося вещества

2. Расположить кислоты в ряд в порядке возрастания поверхностной активности

1. масляная; 2. пропионовая; 3. уксусная; 4. валериановая.

A. 4,1,2,3

B. 1,2,3,4

C. 4,3,2,1

D. *3,2,1,4

3. Что такое поверхностно-неактивные вещества?

A. Вещества, адсорбирующегося на поверхности раздела фаз

B. Вещества, обладающие положительной адсорбцией

C. Вещества, снижающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз

D. *Вещества, не влияющие на поверхностное натяжение

4. Какое из равенств является уравнением Гиббса?

A. $\Gamma = c / RT \cdot \Delta\sigma / \Delta c$

B. * $\Gamma = -c / RT \cdot d\sigma / dc$

C. $\Gamma = RT / c \cdot \Delta\sigma / \Delta c$

D. $\Gamma = -c / RT \cdot \Delta c / \Delta\sigma$

5. Как изменяется величина адсорбции с изменением концентрации ПАВ при постоянной температуре?

A. С увеличением концентрации не изменяется

B. С увеличением концентрации в начале растёт, а затем падает

C. С уменьшением концентрации увеличивается

D. *С увеличением концентрации растёт до определённого предела

6. Причина возникновения поверхностного натяжения: 1) неполная компенсация межмолекулярных сил взаимодействия в поверхностном слое. 2) наличие поверхностного давления молекул. 3) стремление поверхностного слоя сократиться. 4) стремление поверхностных молекул втянуться в глубь фазы 5) сгущение вещества в поверхностном слое

A. 1,5

B. 3,4

C. 4,5

D. *1,3,4

7. Какие из указанных веществ являются поверхностно-инактивными по отношению к воде? 1) HCl ; 2) $NaNO_3$; 3) C_2H_5OH ; 4) $NaOH$; 5) CH_3CH_2COOH

- A. 1
- B. 2,4
- C. 3,5
- D. *1,2,4

8. Что такое поверхностно-активные вещества?

- A. Вещества, адсорбирующие на поверхности раздела
- B. Вещества, увеличивающие поверхностное натяжение на границе фаз
- C. Вещества, обладающие отрицательной адсорбцией
- D. *Вещества, снижающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз

9. Единица измерения поверхностного натяжения по системе СИ

- A. $дин / см^2$
- B. $эрг / см^2$
- C. * $Дж / м^2, Н / м$
- D. $атм / см^2$

10. Что такое поверхностно-инактивные вещества

- A. Вещества, положительно адсорбирующиеся
- B. Вещества, снижающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз
- C. Вещества, увеличивающие поверхностную активность в результате своей адсорбции
- D. *Вещества, не влияющие на поверхностное натяжение на границе раздела фаз.

8-ВАРИАНТ.

1. Определить величину поверхностной активности для ПАВ при концентрации "С"

- A. $g = -(\sigma_1 - \sigma_2) / (c_2 - c_1)$
- B. * $g = (\sigma_2 - \sigma_1) / (c_2 - c_1)$
- C. $g = -(c_2 - c_1) / (\sigma_2 - \sigma_1)$

D. $g = -\Delta c / \Delta \sigma$

2. Что такое адсорбция?

A. Поглощение одного вещества в объеме вещества другого

B. Не изменявшие поверхностного натяжения в поверхностном слое

C. Изменение концентрации адсорбента в поверхностном слое

D. *Самопроизвольное изменение концентрации вещества в поверхностном слое

3. От чего не зависит константа скорости химической реакции?

A. От температуры;

B. *От концентраций реагирующих веществ;

C. От присутствия катализатора;

D. От природы реагирующих веществ;

4. Что называется уравнением изотермы адсорбции

A. Зависимость величины адсорбции от t^0

B. Зависимость концентрации от величины адсорбции при постоянной t^0

C. *Зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации адсорбтива при пост. t^0

D. Зависимость величины адсорбции от поверхностной активности

5. По какой формуле можно рассчитать площадь, занимаемую молекулой ПАВ в насыщенном адсорбционном слое

A. $S_0 \Gamma_\infty \cdot N_A$

B. * $S_0 = 1 / \Gamma_\infty \cdot N_A$

C. $S_\infty \Gamma_\infty \cdot M / N_A$

D. $S_\infty = 1 / \Gamma_\infty \cdot M$

6. Изменяется ли величина S_0 (площадь, приходящаяся на 1 молекулу в насыщенном адсорбционном слое) в ряду спиртов:



A. Уменьшается

B. *Не изменяется

C. Растёт

D. Растёт, затем уменьшается

7. Как зависит число капель (n) вытекающих из сталагмометра от величины поверхностного натяжения

A. $n = k/y$ (k -коэффициент пропорциональности)

B. $n = \sigma/k$

C. $n = k \cdot \sigma$

D. $\sigma = k \cdot n$

8. Правило Траубе - Дюкло

A. Поверхностное натяжение веществ одного и того же гомологического ряда падает в 2-3 раза с увеличением углеводородной цепи на 1 CH_2 -группу

B. *Поверхностная активность веществ одного и того же гомологического ряда в разбавленных растворах растёт в 3,2 раза с увеличением углеводородной цепи на 1 CH_2 -группу

C. Поверхностное натяжение веществ одного и того же гомологического ряда растёт в 2-3 раза с увеличением углеводородной цепи на 1 CH_2 -группу

D. Поверхностная активность веществ в концентрированных растворах растёт в 2-3 раза с увеличением углеводородной цепи на 1 CH_2 -группу

9. Скорость много стадийных реакций определяется

A. Суммой скорости всех стадий;

B. *Скоростью самой медленной стадий;

C. Скоростью самой быстрой стадий;

D. Числом молекул участвующих в реакции;

10. Что такое пептизация?

A. Потеря коллоидными системами агрегативной устойчивости

B. *Переход свежеполученного при коагуляции осадка в золь под действием стабилизаторов;

C. Способность частиц дисперсной фазы оставаться во взвешенном состоянии;

D. Способность частиц дисперсной фазы противостоять их агрегации.

9-ВАРИАНТ.

1. Основной закон химической кинетики:

А. *Скорость химической реакции прямо пропорционально произведению концентраций веществ участвующих в реакции;

В. При повышении температуры на каждый $10^0 C$, скорость химической реакции увеличивается в 2 – 4 раза;

С. Скорость многостадийных реакции определяется скоростью самой медленной стадии;

Д. Скорость двух стадийной реакции определяется скоростью самой медленной стадии;

2. Почему повышение температуры приводит к увеличению скорости реакции?

А. Из за увеличения энергии активации реакции;

В. Увеличивается общее число молекул;

С. *Увеличивается доля активных молекул;

Д. Уменьшается доля активных молекул;

3. Как влияет концентрация на значение K_c ?

А. С увеличением концентрации уменьшается;

В. С увеличением концентрации увеличивается;

С. С уменьшением концентрации увеличивается;

Д. *Не реагирует;

4. Причины, вызывающие адсорбцию:

А. Стремление системы к увеличению поверхностного натяжения;

В. Изменение концентрации в поверхностном слое;

С. Стремление веществ расположиться на поверхностном слое;

Д. *В и С;

5. Какая кислота имеет большую поверхностную активность?

А. * $CH_3(CH_2)_5CH_3COOH$

В. $CH_3(CH_2)_4CH_3COOH$

С. $CH_3(CH_2)_3CH_3COOH$

Д. $CH_3(CH_2)_2CH_3COOH$

6. Как определяют приведенную вязкость растворов ВМС?

A. $\eta = \frac{\eta_{p-p}}{\eta_0}$

B. $\eta = \eta_{\text{отн}} - 1$

C. $\eta = \frac{\eta_{p-p} - \eta_0}{\eta_0}$

D. * $\eta = \frac{\eta_{\text{уд}}}{C}$

7. Какие дисперсные системы относятся к эмульсиям?

A. Дисперсные системы с газообразной дисперсной средой;

B. *Дисперсные системы, у которых дисперсная фаза и дисперсионная среда представляют собой несмешивающиеся жидкости;

C. Дисперсные системы с жидкой дисперсной фазой и газообразной дисперсной средой;

D. Дисперсные системы с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсной средой.

8. Какие свойства дисперсных систем относятся к электрокинетическим явлениям?

A. Дифракционное рассеяние света;

B. Оседание частиц дисперсной фазы под действием силы тяжести;

C. Хаотическое тепловое движение частиц коллоидных систем;

D. *Перемещение дисперсной фазы или дисперсионной среды под действием внешнего электрического поля или возникновение среды друг относительно друга;

9. Что такое быстрая коагуляция?

A. Коагуляция, невидимая невооруженным глазом

B. *Коагуляция, скорость которой зависит от концентрации введенного электролита.

C. Коагуляция, скорость которой максимально и не зависит от концентрации введенного электролита

D. Коагуляция, при которой не все столкновения частиц приводят к слипанию.

10. На каком принципе основано измерение поверхностного натяжения на приборе Ребиндера

A. На обратной зависимости между приложенным давлением и

поверхностным натяжением;

В. На зависимости поверхностного натяжения от внешнего давления;

С. *На прямой зависимости между давлением в пузырьке воздуха в момент отрыва пузырька и поверхностным натяжением;

Д. На зависимости поверхностного натяжения от внутреннего давления молекул.

10-ВАРИАНТ.

1. Какие полимеры относятся к полиэлектролитам кислотного типа

А. *Сополимеры акриламида, акриловой кислоты, полиакриламид

В. Все растворимые полимеры;

С. Все нерастворимые полимеры;

Д. Соли полиалкил-, -ариламинов

2. Что характерно для физической адсорбции?

А. Большая скорость и необратимость;

В. *Большая скорость и обратимость. Уменьшение количества поглощенного вещества с повышением температуры;

С. Увеличение количества адсорбтива с повышением температуры;

Д. Это устройства, в которых тепловая энергия превращается в химическую;

3. Для получения эмульсий типа В/М эмульгатором может быть:

А. Хлористый натрий;

В. Сахароза;

С. *Соли щелочноземельных металлов с жирными кислотами;

Д. Карбонат кальция.

4. Основной закон химической кинетики:

А. *Скорость химической реакции прямо пропорционально произведению концентраций веществ участвующих в реакции;

В. При повышении температуры на каждый $10^0 C$, скорость химической реакции увеличивается в 2 – 4 раза;

С. Скорость многостадийных реакции определяется скоростью самой медленной стадии;

- D. Скорость двух стадийной реакции определяется скоростью самой медленной стадии;
5. Почему повышение температуры приводит к увеличению скорости реакции?
- A. Из за увеличения энергии активации реакции;
 - B. Увеличивается общее число молекул;
 - C. *Увеличивается доля активных молекул;
 - D. Уменьшается доля активных молекул;
6. Причины, вызывающие адсорбцию:
- A. Изменение концентрации в поверхностном слое;
 - B. Стремление веществ расположиться на поверхностном слое;
 - C. Стремление системы уменьшить поверхностное натяжение;
 - D. *А, В и С;
7. Какая дисперсная система получается при несоответствии полярности растворителя и ВМС?
- A. Истинный раствор
 - B. *Коллоидный раствор
 - C. Грубодисперсная система
 - D. Изотонический раствор
8. В изоэлектрической точке растворов белков какая будет относительная вязкость раствора?
- A. Наибольшая
 - B. *Наименшая
 - C. Постоянная
 - D. Не изменяется
9. Наиболее важные причины кинетической устойчивости золей:
- A. Природа
 - B. Заряд и сольватная оболочка
 - C. *Диффузия и броуновское движение
 - D. Диффузия
10. Какая дисперсная система получается реакцией обмена если взять реагенты в эквивалентном количестве?
- A. Истинный раствор
 - B. Коллоидный раствор
 - C. *Грубодисперсная система
 - D. Изотонический раствор

Содержание	стр
Инструкция по правилам техники безопасности при работе в химической лаборатории	3
Введение	8
Основные признаки дисперсных систем	9
Лабораторная работа № 1. Получение дисперсных систем методом химической конденсации (окисление, восстановление, реакция обмена и гидролиза) и очистка диализом	10
Лабораторная работа № 2. Определение порогов коагуляции золя электролитами проверка правила Шульц-Гарди	18
Работа 2.1. Изучение коагуляции дисперсных систем в присутствии электролитов. Определение порога коагуляции электролитов, изучение правила Шульца-Гарди.	18
Работа 2.2. Изучение электрических свойств дисперсных систем. Определение знака заряда частицы и величины электрокинетического (ζ -дзета) потенциала методом электрофореза.	22
Лабораторная работа № 3. Адсорбция	27
Работа 3.1. Изменение адсорбции на границе раствор-газ. Определение параметров адсорбционного слоя и Γ_{∞} .	33
Работа 3.2. Определение адсорбции на границе твёрдое тело-раствор. Изучение молекулярной адсорбции уксусной кислоты на угле.	37
Лабораторная работа № 4. Вязкость жидкостей и коллоидных растворов	39
Работа 4.1. Определение молекулярной массы высокомолекулярного соединения.	44
Лабораторная работа № 5. Набухание высокомолекулярных соединений (ВМС). Изучение кинетики набухания высокомолекулярных соединений. Определение константы скорости набухания.	48
Работа 5.1. Кинетика набухания высокомолекулярных соединений	53
Работа 5.2. Набухание резины в различных растворителях.	55

Работа 5.3. Определение скорости набухания в приборе ЛГУ.	56
Лабораторная работа №6. Микрогетерогенные системы-эмульсии. Получение и определение типа эмульсий. Изучение обращение фаз в эмульсиях.	58
Работа 6.1. Приготовление и обращение фаз эмульсий	65
Работа 6.2. Получение разбавленных эмульсий различных масел в воде по методу замены растворителя	66
Работа 6. 3. Определение оптимальной концентрации эмульгатора	66
План семинарских занятий	67
Вопросы семинарских занятий	68
Типовые задачи	72
Задачи для решения	78
Тесты по коллоидной химии	80

Редактор: Ахметжанова .Г.М.