Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 16.10.2023 14:35:56
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии и биотехнологии
_____ / Белуков С.В. /
« 01 » сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Коллоидная химия»

Направление подготовки
19.03.01 «Биотехнология»

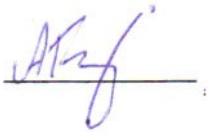
Профиль **«Биотехнология»**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва 2021 г.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **19.03.01 Биотехнология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11 марта 2015 г. № 193 и основной образовательной программы высшего профессионального образования ООП ВО, разработанной в Московском политехническом университете

Программу составил:
профессор, д.х.н.
А.Н. Подобаев/ 

Программа дисциплины «Коллоидная химия» утверждена на заседании кафедры «ХимБиотех» 01 сентября 2021 г., протокол № 1

Зав. кафедрой «ХимБиотех» проф., д.б.н.  /Т.И. Громовых/

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология»

Доцент, к.б.н.  / Е.С. Горшина/

« 1 » сентября 2021 г.

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Коллоидная химия» следует отнести:
– формирование знаний о современных представлениях о коллоидных и дисперсных системах, о законах, характеризующих поведение и свойства этих систем и о значении данных систем в различных областях;
– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений выполнять стандартные действия (классификация веществ, составление схем процессов, систематизация данных и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых химических дисциплин, применять знания общих и специфических закономерностей различных областей химической науки при решении профессиональных задач, применять знания общих и специфических закономерностей различных областей химической науки при решении профессиональных задач, анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию на основе теоретических представлений традиционных и новых разделов химии, проводить простые химические опыты по предлагаемым методикам, выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения, обрабатывать результаты эксперимента.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Коллоидная химия» следует отнести:
- формирование у студентов навыков и умения работы с измерительными приборами, постановки и проведения количественного эксперимента, математической обработки экспериментальных данных;
- развитие способности к творчеству;
- развитие способности и выработка потребности к самостоятельному приобретению знаний по коллоидной химии.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Коллоидная химия» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части (Блок 1) основной образовательной программы бакалавриата.

«Коллоидная химия» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части (Б.1.1.1):
– Общая и неорганическая химия;
– Органическая химия;

В вариативной части (Б.1.1.2):
– Физическая химия;
– Аналитическая химия и физико-химические методы анализа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетен-ции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-2	способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**Знать:** -начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; -методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; -основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений. **Уметь:** -использовать физические и химические законы при анализе и решении проблем энерго- и ресурсосбережения; -выполнять основные химические операции, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач. **Владеть:** - методами проведения физико-химических измерений и методами корректной оценки погрешностей при их проведении; - навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.
ПК-8а	владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области	**Знать:** - методы метрологической обработки результатов анализа; - основные свойства дисперсных систем. **Уметь:** - устанавливать границы устойчивости фаз, определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах; **-** проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем. **Владеть:** методами определения поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, параметров ад(аб)сорбции,

		критической концентрации мицеллообразования, электрокинетического потенциала; - методами описания дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы **(108 академических часа,** из них 98 часа – самостоятельная работа студентов) все в четвертом семестре. Структура и содержание дисциплины «Коллоидная химия» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Лекции – 6 часов.

Лабораторные работы – 4 часа.

Форма контроля – зачет.

Содержание разделов дисциплины

4.1. ПРЕДМЕТ «КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ» Коллоидная химия — это наука о свойствах гетерогенных высокодисперсных систем и о протекающих в них процессах.

4.2. МЕРА ДИСПЕРСНОСТИ

К коллоидным системам относятся системы, у которых значение *а* лежит в пределах 1—100 нм (10^{-7}—10^{-5} см), а дисперсность— в пределах 1—100 $нм^{-1}$ (10^{7}—10^{5} $см^{-1}$). Верхний предел дисперсности коллоидных систем обусловлен тем, что при дальнейшем дроблении вещества в растворе уже будут находиться не агрегаты молекул, а отдельные молекулы, имеющие размер порядка 0,1 нм. Нижний предел дисперсности коллоидных систем определяется резким снижением интенсивности теплового движения частиц поперечным размером больше 100 нм. Системы, называеме *микрогетерогенными,* частицы которых хорошо видимы в микроскоп, во многом совпадают со свойствами коллоидных, или, иначе, ультрамикрогетерогенных систем, частицы которых уже не видны в микроскоп.

4.3. ГЕТЕРОГЕННОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВНОЕ ОТЛИЧИЕ ИХ ОТ МОЛЕКУЛЯРНЫХ РАСТВОРОВ.

Относительная устойчивость коллоидной системы определяется тем, достаточно ли велики силы отталкивания, чтобы воспрепятствовать сближению частиц на близкие расстояния.

4.4. РАСКЛИНИВАЮЩЕЕ ДАВЛЕНИЕ

4.5. ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НА СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

4.6. КЛАССИФИКАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ И МИКРОГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Классификация по дисперсности.

Зидентопф н Зигмондн предложили частицы, видимые в обычный микроскоп, т. е с размерами больше его разрешающей способности (0,2 мкм), называть микронами, коллоидные же частицы, которые невидимы в микроскоп, — ультрамнкронами. Ультрамикроны эти авторы в свою очередь разделяли на субмикроны, т. е. частицы размером от 5 нм до 200 нм, обнаруживаемые с помощью ультрамикроскопа, и на амикроны, т. е. частицы с размером меньше 5 нм, не обнаруживаемые даже в ультрамикроскопе. Зиден-топф и Зигмонди классифицировали собственно не дисперсные системы, а содержащиеся в них частицы.

Классификация по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды была предложена В. Оствальдом. Возможны девять комбинаций дисперсной фазы и дисперсионной среды в различных их состояниях (табл. 1,2). Однако практически можно реализовать только восемь комбинаций, поскольку газы в обычных условиях растворимы друг в друге и образуют гомогенную систему.

Классификация по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Классификация весьма удобна для обобщения всего многообразия коллоидных систем и, пожалуй, в настоящее время является наиболее общепринятой. Этой классификации в известной степени будем придерживаться и мы в нашем курсе. Однако эта классификация обладает

существенным недостатком: с уменьшением размера частиц разница в агрегатном состоянии дисперсной фазы в различных коллоидных системах постепенно сглаживается.

Классификация по взаимодействию дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Обратимые и необратимые коллоидные системы

Классификация по взаимодействию между частицами.

Согласно этой классификации дисперсные системы разделяются на *свободнодисперсные* и *связнодисперсные.*

4.7. ЗНАЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ И КОЛЛОИДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ

4.8. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

Рассеяние света

Абсорбция света

Окраска коллоидных систем

4.9. ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ И БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

4.10. ДИФФУЗИЯ В ИСТИННЫХ РАСТВОРАХ И В КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМАХ

4.11. ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

4.12. СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Способность дисперсной системы сохранять равномерное распределение частиц по всему объему принято называть *седиментационной,* или *кинетической, устойчивостью* системы.

4.13. ПОНЯТИЕ ОБ АДСОРБЦИИ

Адсорбцией называется сгущение газообразного или растворенного вещества на поверхности раздела фаз. Газ или растворенное вещество принято называть в этом случае *адсорбтивом* *, а жидкость или твердое тело, адсорбировавшее их, — *адсорбентом.*

Различают физическую, или ван-дер-ваальсову, адсорбцию и химическую адсорбцию, или хемосорбцию. В первом случае адсорбционные силы имеют ту же природу, что и межмолекулярные, или ван-дер-ваальсовы, силы. Физическая адсорбция всегда обратима.

4.14. ПРИРОДА АДСОРБЦИОННЫХ СИЛ

Химические связи, водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса.

4.15. ТЕОРИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНОЙ АДСОРБЦИИ ЛЕНГМЮРА

Различают адсорбцию газа на твердом теле, адсорбцию растворенного вещества на границе раствор — газ и, наконец, адсорбцию растворенного вещества на границе твердое тело — раствор.

Адсорбция газа на твердом теле является простейшим случаем адсорбции, так как система газ — твердое тело состоит всего из двух компонентов. Поэтому адсорбция газа твердым телом особенно удобна для теоретического рассмотрения явления адсорбции.

Имеется несколько теорий физической адсорбции, из которых рассмотрим прежде всего теорию мономолекулярной адсорбции. Теория эта была предложена в 1915 г. американским ученым Ленгмюром, но, как отмечает сам Ленгмюр, им использованы представления об адсорбционных силах, впервые выдвинутые русским ученым Л. Г. Гурвичем.

При разработке теории Ленгмюр исходил из следующих положений.

1. Адсорбция является локализованной и вызывается силами, близкими к химическим. Однако следует отметить, что Ленгмюр считал химическими все силы, обуславливающие когезионную прочность вещества, а также проявляющиеся в явлениях испарения, кристаллизации, поверхностного натяжения и т. д.

2. Адсорбция молекул адсорбтива происходит на активных центрах, всегда существующих на поверхности адсорбента. Такими центрами могут быть пики и возвышения, имеющиеся на любой, даже самой гладкой поверхности. Так, на поверхности кристаллов известкового шпата имеются выступы высотой в 10^{-4}—10^{-5} см, даже тонко отполированные зеркала имеют на поверхности вы-гтупы до $3\text{-}10^{-7}$ см.

В результате большой ненасыщенности силового поля около таких шгкЫГй" *выступов* эти участки *обладают* способностью удерживать налетающие молекулы газа, причем центр тем более активен, чем ненасыщеннее молекулы адсорбента на его поверхности.

4.16. ТЕОРИЯ ПОЛИМОЛЕКУЛЯРНОЙ АДСОРБЦИИ ПОЛЯНИ И ТЕОРИЯ БЭТ

1. Адсорбция обусловливается чисто физическими силами.

2. На поверхности адсорбента нет активных центров, а адсорбционные силы действуют вблизи от поверхности адсорбента и образуют около этой поверхности со стороны газовой фазы непрерывное силовое поле.

3. Адсорбционные силы действуют на сравнительно большие расстояния, во всяком случае большие, чем размеры отдельных молекул адсорбтива, и поэтому можно говорить о существовании У поверхности адсорбента адсорбционного объема, который заполняется при адсорбции молекулами адсорбтива.

4. Действие адсорбционных сил по мере удаления от поверхности уменьшается и на некотором расстоянии практически становится равным нулю.

5. Притяжение данной молекулы поверхностью адсорбента не зависит от наличия в адсорбционном пространстве других молекул, вследствие чего возможна полимолекулярная адсорбция.

6. Адсорбционные силы не зависят от температуры, и, следовательно, с изменением температуры адсорбционный объем не изменяется Это не противоречит тому, что с повышением температуры адсорбция уменьшается; в этом случае снижение адсорбции обусловливается не уменьшением адсорбционных сил, а увеличением в результате нагревания интенсивности теплового движения адсорбированных молекул, что приводит к увеличению десорбции.

4.17. ХИМИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ

Физическая и химическая адсорбция различаются по следующим признакам. Физическая адсорбция вполне обратима и мало-.специфична. Теплота физической адсорбции составляет обычно всего 2—8 ккал/моль и соизмерима с теплотой конденсации. Теплота химической адсорбции может достигать 200 ккал/моль, т. е. имеет порядок теплот химических реакций. Химическая адсорбция обычно необратима.

4.18. ТЕПЛОТА АДСОРБЦИИ

Интегральная теплота адсорбции $q_{инт}$ представляет собой общее количество выделившегося при адсорбции тепла, отнесенное к 1 г адсорбента. Дифференциальная теплота адсорбции

Дифференциальная теплота адсорбции $q_{диф}$ представляет собой отношение этого дополнительно выделившегося тепла к дополнительно адсорбированному количеству адсорбтива, т. е.

4.19. СКОРОСТЬ АДСОРБЦИИ

Скорость физической адсорбции на непористых адсорбентах обычно весьма велика, и поэтому часто ее измерить очень сложно. Во многих случаях адсорбционное равновесие достигается за 10— 20 с, причем 90—95% адсорбтива связываются адсорбентом уже за 1—2 с

. Практически принимают, что скорость адсорбции определяется скоростью, с которой адсорбтив достигает поверхности адсорбента, т. е. скоростью диффузии.

4.20. ВЛИЯНИЕ НА АДСОРБЦИЮ СВОЙСТВ АДСОРБЕНТА И АДСОРБТИВА. ДИНАМИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ. АДСОРБЦИЯ ИЗ СМЕСЕЙ ГАЗОВ

Влияние свойств адсорбента.. Аморфные адсорбенты обычно гораздо лучше адсорбируют газ, чем кристаллические. Это объясняется, очевидно, тем, что поверхность аморфного адсорбента шероховата, в то время как поверхность кристалла, за исключением ребер и углов, гладкая.

Непористые адсорбенты, получаемые в результате химических реакций в растворе и последующего осаждения (например, сульфат бария), а также путем размельчения твердых тел, обладают обычно сравнительно небольшой удельной поверхностью (1— 10 $м^2/г$) и поэтому имеют довольно ограниченное применение.

Более высокодисперсные адсорбенты с непористыми частицами можно получить при неполном сгорании органических соединений (углеродные, или черные сажи) или кремнийорганических

соединений (белые сажи), а также в результате гидролиза галогенидов кремния ($SiCl_4$, S1F4) в парах воды (аэросилы). Получаемые порошки с удельной поверхностью порядка сотен $м^2/г$ применяют в качестве наполнителей полимеров, лаков и смазок.

Влияние свойств адсорбтива.

Газ адсорбируется тем лучше, чем легче он сжижается, чем выше его критическая температура. Позднее было установлено, что адсорбция газа тем больше, чем выше температура кипения вещества. Установлена также связь между адсорбцией и теплотой испарения газа. Аррениус нашел, что количество адсорбированного газа увеличивается с возрастанием константы, *а* в известном уравнении Ван-дер-Ваальса.

Учет притяжения молекул. Действие сил притяжения газа приводит к появлению дополнительного давления на газ, называемого внутренним давлением.

4.21. ДИНАМИЧЕСКАЯ АДСОРБЦИЯ.

На практике большое значение имеет динамическая адсорбция, когда адсорбирующийся газ или смесь его с воздухом пропускают через слой адсорбента

4.22. АДСОРБЦИЯ ГАЗОВ ИЗ ИХ СМЕСЕЙ.

При адсорбции из газовой смеси каждый отдельный газ адсорбируется всегда в меньшем количестве, чем если бы происходила адсорбция одного этого газа. При этом чем лучше газ адсорбируется, тем лучше адсорбируется он и из смеси.

4.23. АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ РАСТВОР —ГАЗ

Из-за однородности и гладкости поверхности всякой жидкости при изучении адсорбции на ее поверхности совершенно неприложимы обычные представления об активных центрах. Очевидно, из-за равноценности всех участков поверхности жидкости и теплового движения ее молекул нельзя также говорить о каком-нибудь закреплении молекул адсорбтива в определенных местах. Молекулы адсорбтива, если только они не связаны друг с другом молекулярными силами, способны свободно перемещаться на поверхности и, как правило, находятся в тепловом движении.

4.24. ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ

Сила, действующая на единицу длины границы раздела и обусловливающая сокращение поверхности жидкости, называется силой поверхностного натяжения, или, просто, поверхностным натяжением.

4.25. ПОНЯТИЕ О ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВАХ

Все растворимые вещества по их способности адсорбироваться на границе жидкость — воздух можно разделить на две группы: поверхностно-активные вещества и поверхностно-инактивные вещества.

Поверхностно-активные вещества способны накапливаться в поверхностном слое, и, следовательно, при этом должна происходить положительная адсорбция.

Поверхностно-активные вещества должны обладать поверхностным натяжением, меньшим поверхностного натяжения растворителя (иначе накопление вещества в поверхностном слое термодинамически невыгодно), и сравнительно малой растворимостью; при хорошей растворимости они стремились бы уйти с поверхности в глубь жидкости. В результате накопления на поверхности раствора молекул этих веществ, слабо взаимодействующих друг с другом, межмолекулярное взаимодействие в поверхностном слое уменьшается и поверхностное натяжение падает.

Поверхностно-инактивные вещества стремятся уйти с поверхности жидкости в объем, в результате чего происходит отрицательная адсорбция, т. е. $\Gamma<0$. Поверхностно-инактивные вещества обладают поверхностным натяжением, большим поверхностного натяжения растворителя (иначе они самопроизвольно накапливались бы в поверхностном слое), и обычно высокой растворимостью, что способствует их стремлению уйти с поверхности в объем.

Вещества, не влияющие на поверхностное натяжение растворителя, распределяются равномерно между поверхностным слоем и объемом раствора и, следовательно, для них $\Gamma = 0$. Такие вещества обладают поверхностным натяжением, близким к поверхностному натяжению растворителя.

Установление равновесного значения поверхностного натяжения. Баланс молекулярных сил на вновь образованной поверхности индивидуальных жидкостей, а следовательно, и равновесное значение поверхностного натяжения устанавливаются практически мгновенно. На поверхности же растворов поверхностно-активных веществ должна установиться равновесная концентрация поверхностно-активного вещества, что осуществляется в результате диффузии..

Зависимость поверхностного натяжения от температуры.

Поверхностное натяжение индивидуальных жидкостей, как уже было сказано, монотонно уменьшается с температурой. Поверхностное натяжение растворов некоторых поверхностно-активных веществ с повышением температуры может изменяться по кривой с максимумом.

4.26. УРАВНЕНИЕ ГИББСА

Для интерпретаций явлений адсорбции на границе раствор — газ весьма существенно установить связь между избытком адсорбированного вещества в поверхностном слое Г, концентрацией поверхностно-активного вещества в растворе *с*- и поверхностным натяжением а на границе раствор — газ. Эта связь для разбавлен ных растворов дается известным уравнением адсорбции Гиббса.

$\Gamma = -(C/RT)(dc/d\ \sigma)$

с- концентрация ПАВ, σ – поверхностное натяжение

4.27. ВЛИЯНИЕ НА АДСОРБЦИЮ НА ГРАНИЦЕ РАСТВОР—ГАЗ СТРОЕНИЯ И РАЗМЕРА МОЛЕКУЛЫ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА. ПРАВИЛО ТРАУБЕ

Неполярной частью молекулы поверхностно-активного вещества обычно являются алифатические или ароматические радикалы.

Длина углеводородного радикала сильно сказывается на поверхностной активности молекулы. Дюкло, а затем Траубе, изучая поверхностное натяжение водных растворов гомологического ряда предельных жирных кислот, нашли, что поверхностная активность этих веществ на границе раствор — воздух тем выше, чем больше длина углеводородного радикала, причем в среднем она увеличивается в 3,2 раза на каждую группу СН.

4.28. СТРОЕНИЕ АДСОРБЦИОННОГО СЛОЯ НА ГРАНИЦЕ РАСТВОР-ГАЗ

Мономолекулярные пленки на поверхности воды могут находиться в трех состояниях: газообразном, жидком и твердом. Жидкие и твердые поверхностные пленки называются также конденсированными пленками. Агрегатное состояние мономолекулярной пленки определяется молекулярными силами, действующими между молекулами пленки.

Газообразные поверхностные пленки.

В результате теплового движения молекулы все время перемещаются по поверхности воды независимо друг от друга, что обусловливает поверхностное давление, действующее в направлении, противоположном поверхностному натяжению. Такую пленку с полным основанием можно считать двухмерным газом, поскольку молекулы этого газа не могут оторваться от воды и вынуждены двигаться только в двух измерениях.

Полярная группа дифильной молекулы поверхностно-активного вещества благодаря гидрофильности и способности гидратироваться будет погружена в воду, а углеводородный радикал будет лежать «плашмя» на воде, так как между радикалом и молекулами воды существуют силы притяжения.

4.29. АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ ТВЕРДОЕ ТЕЛО — РАСТВОР

Адсорбция из раствора на твердой поверхности, пожалуй, наиболее важна для коллоидной химии, так как именно она лежит в основе таких важнейших явлений, как образование и разрушение лиозолей, а также их устойчивость.

При рассмотрении адсорбции из раствора на твердом теле принято различать два случая: адсорбцию неэлектролитов, когда адсорбируются молекулы адсорбтива, и адсорбцию электролитов, когда избирательно адсорбируется один из ионов электролита.

4.30. МОЛЕКУЛЯРНАЯ АДСОРБЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ

Количество вещества *a,* молекулярно адсорбированное 1 г адсорбента из раствора, обычно вычисляют по уравнению:

$a = (C_0\text{-}C_1).1000/m$

где C_0 и C_1 начальная и равновесная концентрации адсорбтива, моль/л; V — объем раствора, из которого происходит адсорбция, л; m — масса адсорбента, 1000 — переводной множитель (для перевода измеряемой величины в ммоль/г).

Молекулы адсорбтива и среды являются конкурентами, очевидно, чем хуже адсорбируется среда на адсорбенте, тем лучше будет происходить адсорбция растворенного вещества. Чем больше поверхностное натяжение самой среды, тем меньше ее молекулы способны к адсорбции на твердом теле и тем лучше на нем адсорбируется растворенное вещество.

4.31. ИОННАЯ АДСОРБЦИЯ

Ионы, способные поляризоваться, адсорбируются обычно только на поверхностях, состоящих из полярных молекул или из ионов. Поэтому ионную адсорбцию часто называют также полярной адсорбцией.

Микроучастки поверхности, несущие определенный заряд, адсорбируют противоположно заряженные ионы. При этом ионы электролита, несущие противоположный знак, непосредственно не адсорбируются, но под действием сил электростатического притяжения остаются вблизи адсорбированных ионов, образуя с ними на поверхности адсорбента так называемый двойной электрический слой.

4.32. ОБМЕННАЯ АДСОРБЦИЯ

Если на поверхности адсорбента уже адсорбирован электролит, то при контакте этого сорбента с другим электролитом почти всегда в той или иной степени наблюдается *обменная адсорбция,* или, правильнее, обмен ионов между - двойным электрическим слоем адсорбента и средой. При обменной адсорбции адсорбент, поглощая определенное количество каких-либо ионов, одновременно выделяет в раствор эквивалентное количество других ионов того же знака, вытесненных с поверхности.

К обмену способны не только чужеродные ионы с адсорбированными адсорбентами, но и ионы, образующиеся из самого адсорбента в результате диссоциации его молекул.

4.33. ЯВЛЕНИЯ СМАЧИВАНИЯ

К явлению адсорбции близки явления смачивания, также определяющиеся интенсивностью взаимодействия между молекулами различных веществ. Рассмотрим явления смачивания на примере капли жидкости, нанесенной на поверхность твердого тела, хотя» конечно, можно говорить и о смачивании жидкости жидкостью.

Смачивание и краевой угол.

Если молекулы жидкости взаимодействуют с молекулами твердого тела сильнее, чем между собою, то жидкость растекается по поверхности или, как говорят, смачивает ее. Растекание происходит до тех пор, пока жидкость не покроет всю поверхность твердого тела или пока слой жидкости не станет мономолекулярным. Такой случай называется *полным смачиванием.* Он наблюдается, например, при нанесении капли воды на поверхность чистого стекла.

Если молекулы жидкости взаимодействуют друг с другом значительно сильнее, чем с молекулами твердого тела, растекания не произойдет. Наоборот, жидкость соберется на поверхности в каплю, которая, если бы не действовала сила тяжести, имела бы почти сферическую форму

Если же твердое тело лучше смачивается неполярным углеводородом, т. е. если для воды угол > 90°, поверхность называют *гидрофобной* или *олеофильной.*

4.34. АДГЕЗИЯ

К явлениям адсорбции и смачивания довольно близки также явления *адгезии,* когда две взаимно нерастворимые жидкости, либо жидкость и твердое тело, либо, наконец, два твердых

тела приводятся в тесный контакт друг с другом и под действием межмолекулярных или иных (например, электрических) сил прочно прилипают друг к другу так, что для их разделения нужно приложить известное усилие нли произвести работу.

Различают три случая адгезии.

1. Адгезия между двумя жидкостями.
2. Адгезия между жидкостью и твердым телом.
3. Адгезии между твердыми телами.

4.35. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ

При наложении разности электрических потенциалов на электроды, опущенные в заполненные водой стеклянные трубки, воткнутые в кусок сырой глины, жидкость в трубке с положительным полюсом мутнела, а в трубке с отрицательным полюсом вода оставалась прозрачной. Это указывало на то, что частицы глины переносятся в электрическом поле к положительному полюсу. Более поздними исследованиями было установлено, что частицы переносятся в электрическом поле с постоянной скоростью. Эта скорость тем больше, чем выше приложенная разность потенциалов и диэлектрическая проницаемость среды, и тем меньше, чем больше вязкость среды. Перенос частиц, в электрическом поле получил название электрофореза.

Рейсе заметил также, что если тонкий кварцевый песок поместить в среднюю часть U-образной трубки так, чтобы он образовал как бы пористую диафрагму, затем заполнить трубку водой и приложить электрический ток к электродам, помещенным в оба колена трубки, то уровень воды в колене с отрицательным электродом будет повышаться до тех пор, пока разность уровней в обоих коленах не достигнет определенного значения. Подобно электрофорезу этот процесс идет с постоянной скоростью, и количество перенесенной жидкости прямо пропорционально приложенной разности потенциалов и диэлектрической проницаемости и обратно пропорционально вязкости среды. Исследованиями Видемана, проведенными в 1852 г., было установлено, что количество жидкости, прошедшей через капилляры пористой диафрагмы, пропорционально силе тока и при постоянной силе тока не зависит от площади сечения или толщины диафрагмы. Это явление было *названо* электроосмосом, или электроэндоосмосом.

Причина обоих явлений, обнаруженных Ф. Ф. Рейссом, одна и та же — наличие разноименных зарядов у твердой и жидкой фазы. При электрофорезе в результате возникновения электрического поля между электродами, благодаря малому размеру частиц глины, происходит перенос отрицательно заряженной дисперсной фазы к положительному электроду. При электроосмосе ввиду того, что частицы песка слишком тяжелы, под влиянием электрического поля по капиллярам, имеющимся в слое песка, к отрицательному электроду передвигается положительно заряженная жидкость.

Дорн в 1878 г. обнаружил, что при оседании каких-либо частиц в жидкости, например песка в воде, возникает электродвижущая сила между двумя электродами, введенными в разные места столба жидкости. Это явление, противоположное электрофорезу, получило название эффекта Дорна, или потенциала седиментации.

При продавливании жидкости через пористую перегородку, по обеим сторонам которой находятся электроды, также было обнаружено возникновение разности потенциалов. Явление это, открытое Квинке в 1859 г. и обратное электроосмосу, было названо потенциалом протекания, или потенциалом течения.

4.36. СТРОЕНИЕ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ

Двойной электрический слой состоит из ионов одного знака, относительно прочно связанных с дисперсной в случае лиозолей твердой фазой *(потенциалопределяющие ионы),* и эквивалентного количества противоположно заряженных ионов, находящихся в жидкой дисперсионной среде вблизи межфазной поверхности *(противоионы).*

Теория Гельмгольца — Перрена. Согласно этой теории двойной слой представляется как бы плоским конденсатором, одна обкладка которого связана непосредственно с поверхностью

твердого тела (стенкой), а другая обкладка, несущая противоположный заряд, находится в жидкости на очень малом расстоянии от первой.

Теория Гун — Чэпмена. Значительным шагом вперед явилась теория двойного электрического слоя с диффузным слоем противоионов, предложенная независимо друг от друга Гуи (1910 г.) и Чэпменом (1913 г.), Эта теория в значительной мере устранила недостатки теории Гельмгольца — Перрена.

По теории Гуи — Чэпмена противоионы не могут быть сосредоточены только у межфазной поверхности и образовывать моноионный слой, а рассеяны в жидкой фазе на некотором расстоянии от границы раздела. Такая структура двойного слоя определяется, с одной стороны, электрическим полем у твердой фазы, стремящимся притянуть эквивалентное количество противоположно заряженных ионов возможно ближе к стенке, а с другой стороны, тепловым движением ионов, вследствие которого противоионы стремятся рассеяться во всем объеме жидкой фазы.

Таким образом, возникает равновесный *диффузный* слой противоионов, связанных с твердой фазой.

Это достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Теория Штерна.

В 1924 г. Штерн предложил схему строения двойного электрического слоя, в которой он объединил схемы Гельмгольца — Перрена и Гуи — Чэпмена. Разрабатывая теорию двойного электрического слоя, Штерн исходил из двух предпосылок.

Во-первых, он принял, что ионы имеют конечные вполне определенные размеры и, следовательно, центры ионов не могут находиться к поверхности твердой фазы ближе, чем на расстоянии ионного радиуса.

Во-вторых, Штерн учел специфическое, не электрическое взаимодействие ионов с поверхностью твердой фазы. Это взаимодействие обусловлено наличием на некотором малом расстоянии от поверхности поля молекулярных (адсорбционных) сил.

4.37. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ.

Влияние индифферентных электролитов**.**

Рассмотрение влияния различных факторов на ζ -потенциал целесообразно начать с наиболее простого и практически чрезвычайно важного случая — введения в систему индеферентных электролитов, т. е. электролитов, не имеющих ионов, способных достраивать кристаллическую решетку коллоидной частицы. Следует указать, что именно введением индифферентных электролитов на практике чаще всего пользуются для коагуляции коллоидных систем.

Как уже было показано, индифферентные электролиты не могут сколько-нибудь существенно изменить общий скачок потенциала коллоидных частиц, а электрокинетический потенциал такие электролиты в общем случае снижают в результате увеличения концентрации противоионов и сжатия двойного электрического слоя.

При введении индифферентных электролитов следует различать два случая:

1) в систему вводится электролит, один из ионов которого одинаков с противоионами**,**

2) в систему вводится электролит, не имеющий общих ионов с электролитом — стабилизатором.

Первый случай рассмотрен при обсуждении теорий Гуи — Чэпмена и Штерна. Очевидно, по мере увеличения содержания в системе такого электролита толщина двойного электрического слоя стремится стать равной толщине адсорбционного слоя за счет сжатия диффузного слоя. В результате ζ -потенциал понижается, пока не станет равным нулю, что будет отвечать так называемому *изоэлектрическому состоянию системы.*

Второй случай, когда в систему вводится электролит, не содержащий обоих ионов с электролитом — стабилизатором, отличается от первого только тем, что здесь имеет место явление обмена противоионов коллоидной частицы на эквивалентное число одинаковых по знаку ионов введенного электролита.

Влияние неиндифферентных электролитов.

При малых концентрациях неиндифферентного электролита проявляется, в основном, первая тенденция, связанная с поверхностным действием иона, способного достраивать кристаллическую решетку. При больших концентрациях, когда достройка кристаллической решетки завершена, превалирует вторая тенденция. Поэтому при введении в систему все возрастающих количеств неиндифферентного электролита ζ-потенциал сначала возрастает, а потом падает, проходя через максимум.

Влияние pH среды. Значение pH дисперсионной среды может сильно сказываться на ζ-потенциале коллоидных частиц, так как водородные и гйдроксильные ионы обладают высокой способностью адсорбироваться; первые — благодаря малому радиусу, что позволяет им близко подходить к поверхности твердой фазы: вторые — из-за большого дипольного момента.

Влияние концентрации коллоидной системы.

Исходя из самых общих представлений, можно предполагать, что при разбавлении всякой коллоидной системы ζ-потенциал должен возрастать, так как толщина двойного электрического слоя увеличивается в результате уменьшения концентрации противоионов в растворе. В каком направлении в итоге изменяется ζ-потенциал при изменении концентрации коллоидной системы, очевидно, определяется тем, влияние какого из двух факторов — утолщения (сжатия) двойного электрического слоя или десорбции (адсорбции) потенциалопределяющих ионов — в данном конкретном случае окажется сильнее.

Влияние температуры.

С повышением температуры ζ-потенциал должен расти вследствие возрастания интенсивности теплового движения противоионов и увеличения толщины двойногоа электрического слоя.

Влияние природы дисперсионной среды. Как отмечалось в начале этой главы, электрокинетические явления, а следовательно, и наличие двойного электрического слоя на межфазной границе характерны для систем с, полярными дисперсионными средами. Большое число проведенных исследований* показало, что ζ-потенциал дисперсной фазы тем больше, чем больше полярность растворителя.

4.38. ЭЛЕКТРОФОРЕЗ И ЭЛЕКТРООСМОС

1. Электрические заряды поверхностей жидкости и твердой фазы противоположны по знаку и расположены параллельно друг другу, в результате чего образуется двойной электрический слой.

2. Толщина двойного электрического слоя имеет размеры, близкие к молекулярным.

3. При электрокинетическнх явлениях слой жидкости, непосредственно прилегающий к поверхности твердой фазы, остается неподвижным, тогда как остальная жидкость, находящаяся вблизи этой поверхности, подвижна и к ней приложим закон трения, применяемый к нормальным жидкостям.

4. Течение жидкости в двойном электрическом слое при электрокинетических явлениях происходит ламинарно и выражается обычными гидродинамическими уравнениями.

5. Двойной электрический слой можно рассматривать как плоскопараллельный конденсатор.

6. Распределение зарядов в двойном слое не зависит от напряженности прилагаемого электрического поля, и внешняя разность потенциалов просто накладывается на поле двойного электрического слоя.

7. Твердая фаза является диэлектриком, жидкость же проводит электрический ток. Понятно, что вблизи твердой поверхности вместе с ионами стремится передвинуться вся жидкость, в которой находятся эти ионы. Наоборот, под влиянием этого же поля твердая поверхность с закрепленными на ней ионами (потенциалопределяющими ио нами) стремится передвинуться в противоположную сторону (в данном случае к аноду). В зависимости от того, что явля-

ется неподвижным — жидкость или твердая поверхность, — наблюдается передвижение твердой фазы (электрофорез) или жидкости (электроосмос).

Если не прилагать к двойному электрическому слою разности потенциалов, а смещать одну фазу относительно другой, то происходит перенос электрических зарядов, связанных с фазой, и соответственно возникает электрический ток, а значит, и разность потенциалов. В зависимости от того, передвигается ли жидкость относительно неподвижной твердой стенки или передвигаются твердые частицы в жидкости, наблюдается либо потенциал течения, либо потенциал Дорна

4.39. ПОЛУЧЕНИЕ И ОЧИСТКА КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ. СТРОЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ МИЦЕЛЛ

Различают методы синтеза коллоидных систем конденсационные и диспергационные. Особо от этих методов стоит метод пептизации, который заключается в переводе в коллоидный раствор осадков, первичные частицы которых уже имеют коллоидные размеры.

Основными двумя условиями для получения коллоидных систем, независимо от применяемых методов синтеза, являются нерастворимость или достаточно малая растворимость дисперсной фазы в дисперсионной среде и наличие в системе, в которой образуются частицы, веществ, способных стабилизировать эти частицы.

4.39.1. Конденсационный метод.

Образование обычных кристалликов протекает в две стадии:

1) возникновение зародышей (центров кристаллизации) в пересыщенном растворе, причем пресыщение может быть вызвано химической реакцией, приводящей к получению малорастворимого соединения, уменьшением растворимости соединения при замене лучшего растворителя худшим, охлаждением раствора и другими причинами;

2) рост зародышей, что приводит к образованию достаточно крупных кристаллов.

4.39.2 Метод пептизации.

Пептизацией называют переход в коллоидный раствор осадков, образовавшихся при коагуляции. Термин пептизация был введен еще Грэмом на основании чисто внешнего сходства процесса пептизации с растворением белков под влиянием пепсина. Пептизация может происходить в результате промывания осадка или под действием специальных веществ — пептизаторов. При этом из осадка удаляются коагулирующие ионы или пептизатор адсорбируется коллоидными частицами осадка, что ведет к образованию двойных электрических слоев или сольватных оболочек вокруг коллоидных, частиц и к преодолению благодаря ним сил сцепления между частицами. Пептизации препятствуют явления рекристаллизации и старения, приводящие к сращиванию частиц друг с другом.

4.39.3. Получение золей методом диспергирования.

К этому методу относится получение коллоидных или микрогетерогенных систем обычным механическим диспергированием и вибрационным измельчением, например с помощью ультразвуковых колебаний. К этому же методу можно отнести получение золей и с помощью электрораспыления, хотя по существу электрораспыление является комби-нацией процессов диспергирования и конденсации

4.40. ОЧИСТКА КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

Диализ — очистка коллоидных растворов и субстанций высокомолекулярных веществ от растворённых в них низкомолекулярных соединений при помощи полупроницаемой мембраны. При диализе молекулы растворенного низкомолекулярного вещества проходят через мембрану, а неспособные диализировать (проходить через мембрану) коллоидные частицы остаются за ней.

Электродиализ. Поскольку низкомолекулярные примеси в золях обычно являются электролитами, диализ можно ускорить путем наложения на диализуемую жидкость электрического поля.

Ультрафильтрация. Ультрафильтрацией называется диализ, проводимый под давлением. По существу ультрафильтрация является не методом очистки золей, а лишь методом их концентрирования. При этом важно, что повышается концентрация только дисперсной фазы, состав же дисперсионной среды практически остается постоянным.

4.41. УСТОЙЧИВОСТЬ И КОАГУЛЯЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ*

Обычные коллоидные системы в отличие от молекулярных растворов вследствие наличия поверхности раздела частиц с дисперсионной средой гетерогенны, большей частью термодинамически неравновесны и агрегативно неустойчивы.

4.42. КИНЕТИКА КОАГУЛЯЦИИ

Различают быструю и медленную коагуляцию. Под быстрой коагуляцией подразумевают такую коагуляцию, при которой все сближения частиц, находящихся в броуновском движении, кончаются их слипанием.

При медленной коагуляции вследствие того, что на поверхности коллоидных частиц частично сохранился двойной электрический слой, сольватная оболочка и т. д., слипание происходит лишь в результате особо удачных сближений. Таким образом, оба термина являются вполне условными.

Теория кинетики быстрой коагуляции создана польским ученым Смолуховским. Основные положения, из которых исходил Смолуховский, сводятся к тому, что между частицами золя действуют силы притяжения и отталкивания; последние ослабевают при введении электролита и при концентрации электролита, вызывающей быструю коагуляцию, исчезают вовсе. Дальнейшее прибавление электролита не может ускорить коагуляцию. Частицы такого астабилизованного золя при сближении в процессе броуновского движения на достаточно близкое расстояние слипаются под давлением сил молекулярного притяжения, образуя агрегат, который совершает в дальнейшем броуновское движение как одно целое. Природу сил, действующих между частицами Смолуховский не рассматривал.

4.43. СОЛЬВАТАЦИЯ ЧАСТИЦ, СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ И ЭНТРОПИЙНЫЙ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ

Сольватные оболочки образуются на границе раздела фаз. Между сольватными оболочками отсутствует молекулярное притяжение, поскольку сила взаимодействия молекул слоя практически равна силе взаимодействия молекул среды. При сближения частиц необходимо совершить работу, расходуемую на удаление сольватного слоя (работа десорбции), что приводит к появлению значительных сил отталкивания между частицами.

4.44. ТЕОРИИ КОАГУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ

В настоящее время общепризнанной является физическая теория коагуляции электролитами, базирующаяся на общих принципах статистической физики, теории растворов и теории действия молекулярных сил. Физическая теория коагуляции электролитами строится на рассмотрении баланса молекулярных сил притяжения и сил ионно-электростатического отталкивания, действующих между частицами.

При рассмотрении коагуляции коллоидных систем следует различать два предельных случая:

1) нейтрализационную коагуляцию, когда потеря устойчивости происходит в результате разряжения коллоидных частиц и уменьшения их φ_0-потенциала

2) концентрационную коагуляцию, при которой потеря устойчивости связана не с падением φ_0-потенциала, а вызвана сжатием диффузного двойного слоя.

4.45. ГЕТЕРОКОАГУЛЯЦИЯ И ГЕТЕРОАДАГУЛЯЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

Явление взаимной коагуляции или гетерокоагуляции коллоидов, наблюдавшееся еще Пиктоном и Линдером в 1897 г., объясняли действием противоположных зарядов частиц дисперсной фазы обоих золей, в результате чего происходит слипание частиц.

44. КОАГУЛЯЦИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Коагуляция обусловливается и другими, чисто физическими факторами — механическим воздействием на коллоидную систему, нагреванием или замораживанием золя, разбавлением или концентрированием. Коагуляция может также происходить под влиянием видимого и ультрафиолетового света, рентгеновских лучей, радиоактивного излучения, при действии электрического разряда и ультразвука. Наконец, разрушение системы может наступить спонтанно при длительном хранении коллоидной системы. К сожалению, особенности и механизм безэлектролитной коагуляции до настоящего времени изучены недостаточно. [+]

Причины коагуляции при механическом воздействии обусловлены, вероятно, временным нарушением адсорбционного баланса стабилизатора у поверхности коллоидных частиц. Такие астабилизованные частицы получают возможность сближаться на расстояние действия молекулярных сил и вследствие этого слипаются друг с другом.

Наблюдающуюся в некоторых случаях коагуляцию при разбавлении гидрозолей водой можно объяснить десорбцией стабилизующего электролита с поверхности частиц в дисперсионную среду, что обусловливает падение заряда частицы.

Нагревание даже до кипения обычно сравнительно мало влияет на устойчивость гидрозолей. Наблюдающееся в отдельных случаях падение агрегативной устойчивости при нагревании объясняется, вероятно, десорбцией стабилизатора с поверхности частицы и увеличением интенсивности броуновского движения. Оба эти фактора способствуют преодолению энергетического барьера при столкновении частиц.

Охлаждение гидрозолей до температур, выше температуры их; замораживания, обычно также мало сказывается на устойчивости гидрозолей. Наоборот, охлаждение, сопровождающееся замораживанием гидрозоля, очень часто приводит к его коагуляции, причем коагуляция, как правило, бывает тем более полной, чем ниже температура, до которой охлаждался золь, и чем дольше он пребывал в замороженном состоянии.

4.45. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР В КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМАХ

Коагуляционные структуры. К ним относятся структуры, обычно возникающие в результате понижения агрегативной устойчивости дисперсных систем. Специфическим свойством коагуляционных структур является *тиксотропия* (от греч. — тиксо — прикосновение, тропе — поворот, изменение) — способность структур после их разрушения в результате какого-нибудь механического воздействия самопроизвольно восстанавливаться во времени. Иначе говоря, тиксотропия представляет собой способность к изотермическому обратимому превращению золя в гель. Сущность тиксотропии заключается в том, что связи, которые были разрушены при механическом воздействии, восстанавливаются в результате случайных удачных соударений частиц, находящихся в броуновском движении. Такое постепенное восстановление структуры и, следовательно, нарастание ее прочности происходит не только, когда система находится в покое, но и при течении системы со скоростью меньшей той, которая обусловила данную степень разрушения первоначальной структуры.

Явление тиксотропия часто встречается в природе. Тиксотропные свойства проявляют некоторые грунты («плывуны»). Для протоплазмы в клетках живых организмов также характерна тиксотропия. Гели миозина обладают сильно выраженными тиксотропными свойствами, что свидетельствует о роли тиксотропии в работе мускулов.

Кондеисациоино-кристаллизациониые структуры. К этому типу принадлежат структуры, у которых связи между частицами образованы за счет химических сил. Эти структуры возникают либо в результате образования прочных химических связей между частицами (конденсацион-

ные структуры), либо вследствие сращивания кристалликов в процессе выкристаллизовывания новой фазы (кристаллизационные структуры).

4.46. ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ

Вязкость коллоидных систем всегда выше вязкости чистой дисперсионной среды. Эйнштейн в 1906 г., исходя из чисто гидродинамических представлений, вывел уравнение, устанавливающее связь между вязкостью системы η концентрацией дисперсной фазы:

$$\acute{\eta} = \acute{\eta}_o(1+2.5\ \varphi)$$

где $\acute{\eta}_o$ — вязкость дисперсионнойсреды; φ — объемная концентрация дисперсной фазы.

Влияние анизодиаметричности частиц. При палочкообразной, эллипсоидной или пластинчатой форме частиц суспензии вязкость системы всегда больше, чем должна быть согласно уравнению Эйнштейна. Причина этого заключается в том, что жидкость, попадающая в объем (эллипсоид вращения), образующийся вокруг нешарообразных частиц, находящихся в интенсивном броуновском движении, становится как бы связанной с частицей. В результате этого возникает кажущееся увеличение объемной доли дисперсной фазы в системе, что и приводит к повышению вязкости.

Вязкость систем, содержащих анизодиаметрические частицы, как мы видели, зависит от скорости течения. Вытянуты^ частицы ориентируются в потоке, вращательное движение их затрудняется и в результате этого вязкость системы с увеличением скорости течения снижается. Подобное явление можно наблюдать, например, при измерении вязкости золя V2O5, частицы которого сильно ани-зодиаметричны.

4.47. СИСТЕМЫ С ГАЗОВОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДОЙ

Молекулярно-кинетические свойства. Аэрозоли — сравнительно сильно разреженные системы, обладающие малым коэффициентом внутреннего трения дисперсионной среды. Этим и определяются особенности их молекулярно-кинетических свойств.

Электрические свойства. Как уже указывалось, вокруг частиц в системах с газовой дисперсионной средой не могут возникать Двойные электрические слои. Тем не менее частицы аэрозолей в определенных условиях могут быть заряженными, хотя заряд их обычно невелик. Электрический заряд на частицах в аэрозолях возникает либо в результате образования и последующего нарушения контакта частиц друг с другом или с какой-нибудь поверхтюстью, либо, чаще всего, вследствие адсорбции на поверхности частиц ионов газов.

Агрегативная устойчивость. Электрический заряд частиц аэрозолей, возникающий обычно в результате адсорбции ионов, как правило, весьма невелик, а иногда практически равен нулю. Встает вопрос, могут ли возникать на поверхности частиц аэрозоля молекулярные адсорбционные слои и способны ли такие слои обусловливать агрегативную устойчивость аэрозолей.

48. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

Методы конденсации. В основе всех конденсационных методов образования аэрозолей лежит конденсация пересыщенных паров. Пересыщение паров может быть достигнуто либо за счет охлаждения системы, либо при образовании пара в результате химической реакции.

Методы диспергирования. К методам получения аэрозолей путем диспергирования относятся измельчение и истирание твердых тел, распыление жидкостей, а также получение аэрозолей в результате взрыва. Как правило, методами диспергирования получаются гораздо более низкодисперсные и более полидисперсные аэрозоли, чем методами конденсации.

49. МЕТОДЫ РАЗРУШЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

На практике частицы дисперсной фазы выделяют из газовой среды путем изменения скорости и направления потока аэрозоля (инерционное осаждение) фильтрацией, действием ультразвука или электрического поля, введением зародышей и коагуляцией.

4.50. СИСТЕМЫ С ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ

4.50.1. Суспензии

К суспензиям при достаточном содержании влаги относятся почвы и грунты, глиняное тесто, используемое в керамическом производстве, цементные и известковые растворы, применяемые в строительном деле. Суспензиями являются взвеси пигментов в органических средах, применяющихся в качестве масляных красок и цветных лаков, взвеси графита и угля, используемые для создания центров кристаллизации с целью предотвращения образования накипи в котлах и т. д.

Суспензии одновременно поглощают и рассеивают свет, хотя их частицы по размеру больше коллоидных частиц. При этом в отличие от опалесцирующих золей суспензии проявляют мутность не только при боковом освещении, но и в проходящем свете.

Поскольку частицы суспензий обладают сравнительно большими размерами (они видимы в микроскоп), суспензии седиментационно неустойчивы, если плотность дисперсной фазы не очень близка к плотности дисперсионной среды но вязкость этой среды не очень велика. По той же причине суспензии не обнаруживают осмотического давления и броуновского движения и не способны к диффузии.

Как правило, частицы суспензий, равно как и частицы лиофобных коллоидов, имеют на поверхности двойной электрический слой или сольватную оболочку. Электрокинетический потенциал частиц суспензий можно определить с помощью макро- или микроэлектрофореза, причем он имеет величину того же порядка, что и ζ-потенциал частиц типичных золей.

В определенных условиях в суспензиях, так же как и в золях, образуются пространственные коагуляционные структуры, способные к синерезису. Явления тиксотропии и реопексии при соблюдении соответствующих условий, проявляются у суспензий почти всегда в большей степени, чем у лиофобных коллоидных систем.

Для суспензий характерен ряд процессов, не свойственных коллоидным системам или протекающих у последних иначе, чем у суспензий. К таким процессам относятся седиментация и флотация.

Фильтрация суспензий определяется дисперсностью и степенью агрегации частиц, а также образованием коагуляционной структуры и способностью ее к самоуплотнению в фильтрующем осадке. Поэтому фильтрация является сложным физико-химическим процессом, на который влияют все факторы, управляющие агрегированием частиц и развитием коагуляционных структур. Не менее сложен и процесс кольматации — «в мы в» мельчайших глинистых или илистых частиц в поры грунта для уменьшения водопроницаемости различных гидротехнических сооружений —- дамб, плотин и т. д.

4.50.2. Эмульсии

Гетерогенные системы, называемые эмульсиями, широко распространены в природе (молоко, млечный сок растений и т. д), Обе жидкости, образующие эмульсию, должны быть нерастворимы или мало растворимы друг в друге, и в системе должен присутствовать стабилизатор, ко-

торый в этим случае называют *эмульгатором.* Эмульсии тем седиментационно устойчивее, чем ближе плотности обеих фаз.

Классификация эмульсий

Обычные лиофобные эмульсии классифицируют либо по полярности дисперсной фазы и дисперсионной среды, либо по концентрации дисперсной фазы в системе.

Согласно первой классификации различают эмульсии неполярной или слабополярной жидкости в полярной (например, эмульсия масла в воде) — эмульсии первого рода, или прямые, и эмульсии полярной жидкости в неполярной (например, вода в масле) —эмульсии второго рода, или обратные.

К разбавленным эмульсиям относятся системы жидкость— жидкость, содержащие до 0,1 объемн.% дисперсной фазы. Типичным примером таких систем может служить эмульсия машинного масла в конденсате, образующемся при работе паровых машин.

К концентрированным эмульсиям относятся системы жидкость — жидкость со сравнительно значительным содержанием дисперсной фазы, вплоть до 74 объемн.% (рис. XII, 1а). Эту концентрацию часто указывают как максимальную для эмульсий этого класса потому, что она в случае монодисперсной эмульсии соответствует максимально возможному объемному содержанию недеформированных сферических капель независимо от их размера.

К высоко концентрированным, или желатинированным, эмульсиям обычно относят системы жидкость — жидкость с содержанием дисперсной фазы выше чем 74 объемн.%. Отличительной особенностью таких эмульсий является взаимное деформирование капелек дисперсной фазы, в результате чего они приобретают форму многогранников (полиэдров), разделенных тонкими пленками — прослойками дисперсионной среды.

Агрегативная устойчивость эмульсий и природа эмульгатора

Эмульсии, как и все коллоидные и микрогетерогенные системы, агрегативно неустойчивы из-за избытка свободной энергии на межфазной поверхности. Агрегативная неустойчивость эмульсий проявляется в самопроизвольном образовании агрегатов капелек с последующим слиянием (коалесценцией) отдельных капелек друг с другом. В пределе это может приводить к полному разрушению эмульсии и разделению ее на два слоя. Агрегативную устойчивость эмульсий характеризуют либо скоростью расслаивания эмульсии, либо продолжительностью существования (временем живни) отдельных капелек в контакте друг с другом или с межфазной поверхностью.

На агрегативную устойчивость эмульсий сильнее всего влияют природа и содержание в системе эмульгатора.

В качестве эмульгаторов могут применяться самые различные по природе вещества: поверхностно-активные вещества, молекулы которых содержат ионогенные полярные группы (мыла в широком смысле слова), неионогенные поверхностно-активные вещества, высокомолекулярные соединения. Эмульгирующей способностью обладают даже порошки. Эффективность эмульгатора характеризуют специальным числом— гидрофильно-.лнпофнльным балансом (ГЛБ). Если число ГЛБ лежит в пределах 3—6, образуется эмульсия в/м. Эмульгаторы с числом ГЛБ 8—13 дают эмульсию м/в. Изменяя природу эмульгатора и его концентрацию, можно добиться обращения фаз эмульсии.

Факторы устойчивости.

Первый фактор — электрический заряд, возникший на поверхности капелек эмульсий, стабилизованных ионогенными мылами при адсорбции органических ионов мыла. В результате образуется двойной электрический слой, аналогичный тому, который существует на поверхности частиц типичных гидрофобных золей.

Второй фактор устойчивости концентрированных эмульсий типа м/в заключается в образовании на поверхности их капелек структурированных гелеобразных слоев эмульгатора, обладающих высокой структурной вязкостью и прочностью при одновременной гидратированности.

Методы получения и разрушения эмульсий

Эмульсии получают механическим диспергированием дисперсной фазы в дисперсионной среде в присутствии соответствующего эмульгатора. Для диспергирования эмульгируемые жидкости сильно перемешивают, встряхивают или подвергают вибрационному воздействию. Наи-

более часто в качестве гомогенизаторов применяют устройства, в которых дополнительное диспергирование капелек грубой эмульсии достигается продавливанием ее через малые отверстия под высоким давлением.

4.50.3 ПЕНЫ

Типичные пены представляют собой сравнительно весьма грубые высококонцентрированные дисперсии газа (обычно воздуха) в жидкости. Пузырьки газа в таких системах имеют размер порядка несколько миллиметров, а в отдельных случаях и сантиметров. Благодаря избытку газовой фазы и взаимному сдавливанию пузырьки пены имеют не сферическую форму, а представляют собой полиэдрические ячейки, стенки которых состоят из весьма тонких пленок жидкой дисперсионной среды. Пленки пены часто обнаруживают интерференцию; это свидетельствует о том, что их толщина соизмерима с длиной световых волн.

От типичных пен, представляющих высококонцентрированные дисперсии газа в жидкости, следует отличать низкоконцентрированные системы Г/Ж, в которых газовые пузырьки находятся на сравнительно большом расстоянии друг от друга. Примером такой дисперсной системы могут служить газированная вода, пиво или шипучее вино, содержащие пузырьки двуокиси углерода. Эти системы по свойствам ближе к разбавленным эмульсиям.

Пены образуются при диспергировании газа в жидкости в присутствии стабилизаторов или, как их целесообразно называть в этом случае, *пенообразователей.* Жидкости без пенообразователей сколько-нибудь устойчивой пены не дают.

Прочность и продолжительность существования (время жизни) пены зависят от свойств пленочного каркаса, в свою очередь определяющихся природой и содержанием в системе пенообразователя, адсорбированного на межфазной поверхности. К типичным пенообразователям в случае водных пен принадлежат такие поверхностно-активные вещества, как спирты, жирные кислоты, мыла и мылоподобные вещества, белки, сапонин (экстрагируемый из растений глюкозид, обладающий поверхностно-активными свойствами).

Устойчивость пен можно характеризовать' временем существования пены, т. е. временем, прошедшим с момента образования пены до момента полного ее разрушения. Другой способ оценки устойчивости пены заключается в "пропускании с заданной скоростью через вспениваемую жидкость пузырьков воздуха и определения равновесной высоты образующегося при этом столба пены. Постоянная высота столба пены устанавливается в тот момент, когда скорость разрушения пены равна скорости ценообразования и, очевидно, может служить мерой устойчивости пены. Устойчивость пены удобно изучать также по времени жизни отдельного газового пузырька на поверхности жидкости, граничащей с воздухом. С этой целью пузырек воздуха выдавливают в жидкость с помощью капилляра с загнутым концом. Пузырек всплывает и, достигнув поверхности, задерживается там на некоторое время, прежде чем лопнет. Это время жизни пузырька обычно пропорционально времени существования столба пены в целом.

Пены получают путем пропускания пузырьков соответствующего газа (обычно воздуха) через раствор пенообразователя или путем интенсивного механического перемешивания раствора пенообразователя.

4.51. СИСТЕМЫ С ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДОЙ

Системы с твердой дисперсионной средой и газовой дисперсной фазой часто называют *твердыми пенами.*

Эмали, стеклообразные непрозрачные вещества, наносят в расплавленное состоянии на металлические или керамические поверхности, чтобы придать им красивый вид или большую устойчивость к действию химических факторов. Они представляют собой также силикатные стекла, в которых содержатся частицы пигментов, придающие эмалям непрозрачность и окраску. В качестве таких пигментов могут использоваться окислы и соли, например SiCb, ТЮг, фосфат кальция.

4.52. КОЛЛОИДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Существуют системы, которые в одних условиях могут представлять собой истинные растворы, а в других становятся золями, структурированными жидкостями или даже гелями. Такие системы обратимы и термодинамически равновесны истинный раствор - золь - гель

Для того чтобы произошел переход из одного состояния в другое, необходимо лишь изменить концентрацию раствора, температуру, pH или ввести в систему электролит.

К системам, в которых наблюдаются обратимые переходы подобного рода, относятся водные растворы многих поверхностно-активных веществ, например, мыл и мылоподобных веществ, а также растворы таннидов (дубильных веществ) и некоторых красителей.

Коллоидные поверхностно-активные вещества характеризуются, подобно всем поверхностно-активным веществам, малой истинной растворимостью и способностью снижать поверхностное и межфазное натяжение в разбавленных растворах вследствие адсорбции и ориентации молекул на поверхности раздела.

Для того чтобы ПАВ было способно образовывать мицеллы, оно должно удовлетворять двум требованиям — с одной стороны, иметь достаточно большой углеводородный радикал, снижающий растворимость в воде, а, с другой— обладать достаточно сильной полярной группой, способствующей его растворимости.

Анионные ПАВ диссоциируют в воде, образуя отрицательно заряженные поверхностно-активные ионы. При адсорбции таких ПАВ из раствора на поверхности адсорбируются анионы, в результате чего поверхность приобретает отрицательный заряд. Важнейшими представителями этой группы коллоидных ПАВ являются обычные мыла и соли сульфокислот.

Обычные мыла представляют собой соли предельных и некоторых непредельных карбоновых кислот. Коллоидные свойства проявляются только у солей тех жирных кислот, у которых число атомов углерода в цепи меньше 10 и не больше 22.

Неиоиогенные ПАВ (НПАВ). Это — вещества, молекулы которых не способны к диссоциации. Дифильные молекулы таких ПАВ обычно состоят из длинной углеводородной цепочки с несколькими полярными но неионогенными группами на конце, обуславливающими растворимость этих веществ. Такими группами обычно являются гидроксильные или эфирные группы.

Истинные растворы ПАВ. Максимально возможная концентрация, при которой коллоидные ПАВ еще находятся в водном растворе в молекулярной (ионной) форме, т. е. критическая концентрация мицеллообразования, не велика и изменяется в пределах 10^{-5}— 10^{-3} моль/л.

Солюбилизация является важным свойством растворов ПАВ, которое связано с их мицеллярной структурой.

При введении в достаточно концентрированные растворы ПАВ практически нерастворимых в воде органических веществ (алифатические и ароматические углеводороды, маслорастворимые красители и т. д.) последние способны *коллоидно растворяться,* или *солюбилизироваться.* В результате такой солюбилизации образуются почти прозрачные термодинамически равновесные растворы. Вещество, которое растворяется в растворах ПАВ, принято называть *солюбилизатом.*

Свойства коллоидных ПАВ проявляют почти все дубящие вещества, являющиеся, как известно; производными многоатомных фенолов, в которых полярными и ионогенными группами являются фенольные и карбоксильные группы. Имеются указания, что образование мицелл в водных растворах таннидов может обусловливаться не только агрегацией молекул по гидрофобным участкам, но и возникновением водородных связей. Согласно А. Н. Михайлову, мицеллярный вес продуктов ассоциации в растворах дубящих веществ составляет примерно 20 000, в то время как молекулярный вес таннидов колеблется в пределах 1000—2000. Таким образом, мицелла в этом случае состоит из 10—20 молекул.

К красителям, проявляющим в растворах все особенности, свойственные растворам коллоидных ПАВ, относится ряд синтетических красителей, например, бензопурпурин, ночной голубой и т. д. Ионогенными группами у коллоидных красителей служат карбоксильные Группы, фенольные группы, сульфо-группы, аминогруппы и т. д. Растворы этих красителей сходны с растворами высокомолекулярных соединений — они обладают сравнительно высокой агрега-

тивной устойчивостью, а образующийся при введении электролитов осадок способен диспергироваться в чистой воде. Растворы этих красителей проявляют такие же аномалии в отношении электропроводности и осмотического давления, как и растворы мыл и таннидов. С. М. Липатов показал, что благодаря большому размеру молекул красителей ассоциация в растворах протекает значительно в большей степени, чем п растворах мыл, и весьма сильно зависит от концентрации, температуры, pH системы, присутствия электролитов и других факторов. Как и мыла, многие красители, дающие коллоидные растворы в воде, в спирте образуют молекулярные растворы.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Коллоидная химия» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов лабораторных работ;
- проведение контрольных работ;
- выполнение самостоятельных заданий (расчетно-графических работ) по трем разделам курса: адсорбция, коагуляция золей, дисперсионный анализ эмульсий.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Коллоидная химия» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

Предусмотрена возможность использования дистанционного обучения, дистанционных технологий. Все материалы размещаются в СДО Московского Политеха (https://lms.mospolytech.ru/).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводятся по следующим критериям;

- защита лабораторных работ;
- защита результатов выполнения заданий для самостоятельной работы;
- выполнение контрольных работ.

Образцы контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен
ОПК-2	способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ПК-8а	владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-2 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		
Показатель	Критерии оценивания	
	зачтено	не зачтено
знать	Обучающийся демонстрирует полное, частичное, соответствие следующих знаний: - начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; -методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; -основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; -методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; -основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений.
уметь	Обучающийся демонстрирует полное или частичное соответствие следующих умений: -использовать физические и химические законы при анализе и решении проблем энерго- и ресурсосбережения; -выполнять основные химические операции, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - использовать физические и химические законы при анализе и решении проблем энерго- и ресурсосбережения; -выполнять основные химические операции, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач.
владеть	Обучающийся в полном объеме или частично владеет:	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени

	- методами проведения физико-химических измерений и методами корректной оценки погрешностей при их проведении; - навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.	владеет: - методами проведения физико-химических измерений и методами корректной оценки погрешностей при их проведении; - навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.
ПК-8а владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области		
Показатель	Критерии оценивания	
	зачтено	не зачтено
знать	Обучающийся демонстрирует полное, частичное, соответствие следующих знаний: - методы метрологической обработки результатов анализа; - основные свойства дисперсных систем.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - методы метрологической обработки результатов анализа; - основные свойства дисперсных систем.
уметь	Обучающийся демонстрирует полное или частичное соответствие следующих умений: - устанавливать границы устойчивости фаз, определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах; - проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - устанавливать границы устойчивости фаз, определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах; - проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем.
владеть	Обучающийся в полном объеме или частично владеет: - методами определения поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, параметров ад(аб)сорбции, критической концентрации мицеллообразования, электрокинетического потенциала;	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: - методами определения поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, параметров ад(аб)сорбции, критической концентрации мицеллообразования, электрокинетического

	- методами описания дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости.	потенциала; - методами описания дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости.

6.2. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Коллоидная химия» (выполнили лабораторные и расчетно-графические работы).

Шкала оценки	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература:

1. Фридрихсберг Д.А.: учебное пособие [Электронный ресурс] Курс коллоидной химии./ Фридрихсберг Д.А. –4-е изд., СПб, М, Краснодар:- "Лань".2010. — 416 с. URL: https://e.lanbook.com/book/4027

б) дополнительная литература:

1. Морачевский А.Г.: учебное пособие [Электронный ресурс] Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы/ Морачевский А.Г. — 2-е изд., СПб, М, Краснодар:- "Лань". 2015. — 160 **с.** URL: **https://e.lanbook.com/book/64335**.

2. Горичев И.Г. и др. Коллоидная химия. М. МГТУ «МАМИ», 2010, №2304.

3. Мишустин А.И., Белоусова К.Ф. Коллоидная химия. Учебное пособие.- М.: МГУИЭ, 1999.

4. Краткий справочник физико-химических величин./ Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой.- С-Пб.: 1999.- 232 с.

5. Ершов Ю.А. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем: учебник.- М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.- 352 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

1. Единое окно доступа к информационным ресурсам
http://window.edu.ru/catalog/
2. LibreOffice
http://programdownloadfree.com/load/text/editors/libreoffice/65-1-0-192

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лабораторного практикума на современном уровне при выполнении лабораторных работ в аудитории ПК526 предусмотрено использование следующего оборудования:

1. Фотометр КФК-3-01 фотоэлектрический.
2. Аквадистиллятор.
3. Аналитические весы.
4. Технические весы.
5. Электрический полупроводниковый выпрямитель.
6. Миллиамперметры.
7. Сушильный шкаф.
8. Фторопластовые калориметры.
9. Термометры.
10. Электролизеры.
11. pH-метр-иономеры.
12. Спектрофотометр СФ-56.
13. Термостат циркуляционный ВТ3-2.
14. Автоматический титратор TitroLine Alpha.
15. Потенциостат марки IPC PRO-M.
16. Ноутбук с установленными средствами MS Office PowerPoint.
17. Мультимедийный проектор с переносным экраном.
18. Вытяжной шкаф.

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины **«Коллоидная химия»** по направлению
19.03.01 Биотехнология
Профиль **«Биотехнология»**
(бакалавр)
(очная форма обучения)

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э	З
Предмет и методы коллоидной химии. Коллоидная химия – фундаментальная дисциплина, изучающая свойства дисперсных систем и наноматериалов. Классификации и характеристики дисперсных систем.	4					6	+							
Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения. Процессы, приводящие к уменьшению поверхностной энергии Гиббса. Коалесценция, коагуляция, перекристаллизация, адгезия и адсорбция.	4		0,5		2	6	+							
Адгезия и когезия. Смачивание. Краевой угол смачивание. Закон Юнга. Капиллярные явления. Уравнение Лапласа. Давление пара	4		0,5			6	+							

над кривой поверхностью. Уравнение Томсона (Кельвина). Поднятие столба жидкости в капилляре. Формула Жюрена.														
Адсорбция на твердой поверхности. Виды адсорбентов. Активированный уголь, силикагель. Физическая и химическая адсорбция. Правило Панета-Фаянса. Эмпирическое уравнение Фрейндлиха. Мономолекулярная адсорбция. Уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра.	4		0,5		2	6	+							
Адсорбция на границе раствор-газ. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества. Дифильная природа молекул ПАВ. Типы ПАВ. Применения ПАВ.	4		0,5			6	+							
Растворы ПАВ. Образование мицелл. Прямые и обратные мицеллы. Солюбилизация. Мономолекулярные пленки.	4		0,5			6	+							
Сольвофобные золи. Методы получения и очистки. Оптические и электрические свойства. Строение гранулы. Двойной электрический слой и дзета-потенциал. Кинетическая и агрегативная устойчивость. Кинетика коагуляции.	4		0,5			6	+					+		
Электрокинетические явления. Электроосмос, электрофорез, потенциал осаждения и потенциал течения.	4		0,5			6	+							
Гели. Синерезис, тиксотропия,	4		0,5			5	+							

набухание. Пептизация. Студни. Коагуляционно-конденсационные структуры.														
Суспензии. Распределение частиц по высоте. Уравнение Лапласа-Перрена. Скорость оседания. Пасты, их свойства. Синерезис и тиксотропия паст.	4		0,5			5	+							
Дисперсионный анализ. Ситовый анализ. Седиментационный анализ.	4					5	+							
Эмульсии, прямые и обратные. Стабилизация и устойчивость эмульсий.	4		0,5			5	+							
Пены. Структура пен. Получение и стабилизация пен. Устойчивость пен.	4		0,5			5	+					+		
Аэрозоли. Свойства аэрозолей. Термофорез, фотофорез. Взрывоопасность.	4		0,5			5	+							
Порошки. Получение, свойства. Сыпучесть. Слеживаемость.	4					5	+							
Почвенные коллоиды. Структура почв. Состав коллоидных частиц. Адсорбция ионов на коллоидных частицах.	4					5	+							
Наночастицы, их физико-химические свойства. Нанотоксичность. Основные методы получения наноматериалов.	4					5	+							
Обзор современных проблем коллоидной химии.	4					5	+							
Итого	**4**		**6**		**4**	**98**	+					**2**		+

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 19.03.01 БИОТЕХНОЛОГИЯ
ОП (профиль): «Биотехнология»
Форма обучения: заочная
Вид профессиональной деятельности:
научно-исследовательская

Кафедра «ХимБиотех»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Коллоидная химия»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
Примерные варианты домашних контрольных работ
Образец контрольных работ для рубежного контроля по курсу
Вопросы для подготовки к экзамену
Пример экзаменационного билета

Составитель:
Подобаев Александр Николаевич

Москва, 2021

Таблица 1

- ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Коллоидная химия					
ФГОС ВО **19.03.01 «Биотехнология»**					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-2	способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**Знать:** -начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики; -методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах; -основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений. **Уметь:** -использовать физические и химические законы при анализе и решении проблем энерго- и ресурсосбережения; -выполнять основные химические операции, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач. **Владеть:** - методами проведения физико-химических измерений и методами корректной оценки погрешностей при их проведении; - навыками вычисления давления насыщенного пара над индивидуальным веществом, состава сосуществующих фаз в двухкомпонентных системах.	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы	К/Р	**Базовый уровень** - воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к лабораторным работам
ПК-8а	владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области	**Знать:** - методы метрологической обработки результатов анализа; - основные свойства дисперсных систем. **Уметь:** - устанавливать границы устойчивости фаз, определять составы сосуществующих фаз в бинарных гетерогенных системах; - проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и основных характеристик дисперсных систем.	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы	К/Р	**Базовый уровень** - воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к лабораторным работам

		Владеть: - методами определения поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, параметров ад(аб)сорбции, критической концентрации мицеллообразования, электрокинетического потенциала; - методами описания дисперсных систем и оценки их агрегативной устойчивости.			

**- Сокращения форм оценочных средств см. в Таблице 2

Таблица 2

Перечень оценочных средств по дисциплине «Коллоидная химия»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

Приложение 2.1

Примерные варианты контрольных работ

Вопросы к контрольной работе № 1

1. Поверхностная энергия. Связь с поверхностным натяжением. Какие процессы приводят к понижению поверхностной энергии?
2. Оптические свойства золей. Конус Тиндаля.
3. Закон Юнга.
4. Методы измерения поверхностного натяжения.
5. Уравнение Жюрена.

Вопросы к контрольной работе № 2

1. Объяснить строение гранулы гидрофобного золя, образованного в результате реакции водного раствора нитрата серебра с иодистым калием при избытке последнего.
2. Синерезис и тиксотропия гелей.
3. Причины агрегативной устойчивости золей.
4. Распределение частиц по высоте в суспензии. К частицам какого размера оно применимо?
5. Адгезия и когезия.

Задания на самостоятельную работу (расчетно-графические работы)

Содержание самостоятельной работы 1 (адсорбция)

1. По полученным у преподавателя данным построение графиков изотерм адсорбции Фрейндлиха, Лэнгмюра.
2. Расчет параметров уравнений Фрейндлиха и Лэнгмюра.

Содержание самостоятельной работы 2 (коагуляция золей)

1. По полученным данным расчет скорости коагуляции золей и определение типа коагуляции.

Содержание самостоятельной работы 3 (дисперсионный анализ эмульсий)

1. По полученным данным построить дифференциальную кривую распределения.
2. Рассчитать площадь межфазной поверхности и общий объем измеренных капель.
3. Определить среднеарифметическую площадь поверхности и средний объем капель эмульсии.
4. Рассчитать общее число капель и общую площадь поверхности раздела фаз для всей эмульсии.

Приложение 2.2

Вопросы для подготовки к зачету

1. Предмет и методы коллоидной химии. Классификации и характеристики дисперсных систем.
2. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение. Методы определения поверхностного натяжения. Процессы, приводящие к уменьшению поверхностной энергии Гиббса. Коалесценция, коагуляция, перекристаллизация, адгезия и адсорбция.
3. Адгезия и когезия. Смачивание. Краевой угол смачивание. Закон Юнга. Капиллярные явления. Уравнение Лапласа. Давление пара над кривой поверхностью. Уравнение Томсона (Кельвина). Поднятие столба жидкости в капилляре. Формула Жюрена.

4. Адсорбция на твердой поверхности. Виды адсорбентов. Активированный уголь, силикагель. Физическая и химическая адсорбция. Правило Панета-Фаянса. Эмпирическое уравнение Фрейндлиха. Мономолекулярная адсорбция. Уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра.

5. Адсорбция на границе раствор-газ. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества. Дифильная природа молекул ПАВ. Типы ПАВ. Применения ПАВ.

6. Растворы ПАВ. Образование мицелл. Прямые и обратные мицеллы. Солюбилизация. Мономолекулярные пленки.

7. Сольвофобные золи. Методы получения и очистки. Оптические и электрические свойства. Строение гранулы. Двойной электрический слой и дзета-потенциал. Кинетическая и агрегативная устойчивость. Кинетика коагуляции.

8. Электрокинетические явления. Электроосмос, электрофорез, потенциал осаждения и потенциал течения.

10. Гели. Синерезис, тиксотропия, набухание. Пептизация. Студни. Коагуляционно-конденсационные структуры.

11. Суспензии. Распределение частиц по высоте. Уравнение Лапласа-Перрена. Скорость оседания. Пасты, их свойства. Синерезис и тиксотропия паст.

12. Дисперсионный анализ. Ситовый анализ. Седиментационный анализ.

13. Эмульсии, прямые и обратные. Стабилизация и устойчивость эмульсий.

14. Пены. Структура пен. Получение и стабилизация пен. Устойчивость пен.

15. Аэрозоли. Свойства аэрозолей. Термофорез, фотофорез. Взрывоопасность.

16. Порошки. Получение, свойства. Сыпучесть. Слеживаемость.

17. Почвенные коллоиды. Структура почв. Состав коллоидных частиц. Адсорбция ионов на коллоидных частицах.

18. Наночастицы, их физико-химические свойства. Нанотоксичность. Основные методы получения наноматериалов.

19. Обзор современных проблем коллоидной химии.

Приложение 2.3

Пример билета для проведения зачета

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
Кафедра «ХимБиотех»
Дисциплина «Коллоидная химия»
_____/_____учебный год

Билет № 1

1. Понятие о коллоидных системах и определение коллоидной химии как науки.
2. Оптические свойства коллоидных систем.
3. Классификация аэрозолей.

Заведующий кафедрой «ХимБиотех» Т.М. Громовых

Утверждено на заседании кафедры ___. .2021 г., протокол № __