

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕДИЦИНЫ И ФАРМАЦИИ „НИКОЛАЕ ТЕСТЕМИЦАНУ”
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ХИМИИ

ЖОРА ЕЛЕНА

**СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
К ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ**

**Кишинев
2024**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕДИЦИНЫ И ФАРМАЦИИ „НИКОЛАЕ ТЕСТЕМИЦАНУ”
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ХИМИИ

ЖОРА ЕЛЕНА

**СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
К ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ**

Кишинев

Полиграфический Редакционный Центр *Medicina*

2024

УДК 615(076.5)
Ж 810

Утверждено на заседании:
Совета по управлению качеством *Николае Тестемицану* USMF.
(Протокол № 4 от 14.03.24).

Автор:

Жора Елена, ассистент кафедры общей химии, Государственный Университет Медицины и Фармации им. Николае Тестемицану.

Рецензенты:

Константин Кептэнару, доктор химических наук, доцент кафедры общей химии, Государственный Университет Медицины и Фармации им. Николае Тестемицану.

Павел Глоба, доктор химических наук, доцент кафедры биохимии и клинической биохимии, Государственный Университет Медицины и Фармации им. Николае Тестемицану.

Редактор: В редакции автора

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII
DIN REPUBLICA MOLDOVA**

Жора, Елена.

Сборник методических указаний к лабораторно-практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине Фармацевтические дисперсные системы / Жора Елена; Государственный университет медицины и фармации „Николае Тестемицану”, Фармацевтический факультет, Кафедра общей химии. – Кишинэу: CEP *Medicina*, 2024. – 98 p.: fig.

Referințe bibliogr.: p. 98 (5 tit.). – În red. aut. – 50 ex.

ISBN 978-9975-82-380-7.

615(076.5)

Ж 810

ISBN 978-9975-82-380-7

© CEP *Medicina*, 2024

© Jora Elena, 2024

Оглавление

Предисловие.....	5
Техника безопасности в химической лаборатории.....	6
Лабораторно-практическое занятие №1.....	7
Тема: Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем. Методы получения и очистки золей	
Лабораторно-практическое занятие №2.....	16
Тема: Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем. Определение размера частиц дисперсной фазы в суспензиях седиментационным методом анализа	
Лабораторно-практическое занятие №3.....	23
Тема: Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость. Определение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ методом Ребиндера и вычисление размеров их молекул	
Лабораторно-практическое занятие №4.....	31
Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость. Исследование адсорбции уксусной кислоты на активированном угле	
Лабораторно-практическое занятие №5.....	38
Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция сильных электролитов. Иониты. Качественные опыты по адсорбции	
Лабораторно-практическое занятие №6.....	42
Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Хроматография и ее применение. Разделение лекарственных веществ методом хроматографии	
Лабораторно-практическое занятие №7.....	50
Тема: Мицеллярные коллоидные растворы и их электрокинетические свойства. Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза	
Лабораторно-практическое занятие №8.....	56
Тема: Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Определение порога коагуляции золей	
Лабораторно-практическое занятие №9.....	64

Тема: Грубодисперсные системы. Получение и свойства эмульсий	
Лабораторно-практическое занятие №10	71
Тема: Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Определение критической концентрации мицеллообразования растворов олеата натрия методом Ребиндера	
Лабораторно-практическое занятие №11	74
Тема: Высокомолекулярные соединения (ВМС) и их взаимодействие с растворителями. Исследование кинетики набухания ВМС объемным методом	
Лабораторно-практическое занятие №12	81
Тема: Высокомолекулярные соединения. Вязкость и осмотическое давление растворов ВМС. Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом	
Лабораторно-практическое занятие №13	86
Тема: Высокомолекулярные соединения. Гели и студни. Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования	
Вопросы к экзамену по курсу „Фармацевтические дисперсные системы”	94
Рекомендуемая литература	98

Предисловие

Дисперсные системы многообразны и широко распространены в природе, играя ключевую роль в биологическом мире.

В фармацевтической практике активно используются различные дисперсные системы (порошки, суспензии, эмульсии, пасты, аэрозоли, препараты с коллоидной степенью дисперсности), а также методы их исследования.

Сборник методических указаний предназначен для студентов второго курса Фармацевтического факультета.

Этот сборник методических указаний к лабораторно-практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине „Фармацевтические дисперсные системы” включает описание лабораторных работ и контрольные вопросы по всем разделам этой области. Рассматриваются количественные характеристики, образование и строение лиофильных и лиофобных дисперсных систем, методы исследования, поверхностные и адсорбционные явления на границах раздела фаз различной природы (жидкость- газ, твердое тело - жидкость), электрокинетические явления, устойчивость лиофобных дисперсных систем, а также образование и свойства растворов высокомолекулярных соединений.

Краткие теоретические введения перед описанием лабораторных работ помогают студентам в выполнении практических заданий и изучении теоретических аспектов. Экспериментальная часть включает методику выполнения, обработку результатов, требования к отчетам, а также расчеты и графическое представление экспериментальных данных.

1. Носите застегнутый хлопчатобумажный халат для индивидуальной защиты и предотвращения загрязнения одежды.
2. Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения. Если возникают сомнения в методике или безопасности проведения эксперимента, проконсультируйтесь с преподавателем.
3. Поддерживайте чистоту посуды и реактивов, избегайте набирать одной и той же пипеткой разные вещества или выливать избыток реактива назад в ёмкость для хранения.
4. Избегайте использования загрязненной посуды; мойте ее сразу после завершения эксперимента.
5. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества следует осторожно, не поднося сосуд близко к лицу, а лишь направляя к себе пары или газы, легким движением руки, избегая полного вдоха.
6. Используйте резиновые груши для набора жидких веществ в пипетки.
7. Избегайте контакта веществ с кожей, чтобы предотвратить раздражение и ожоги.
8. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании избегайте держать пробирку или колбу отверстием к себе или другим людям.
9. В химической лаборатории запрещено употреблять пищу, пить, курить или заниматься посторонними делами.
10. Не разрешается бросать в раковину стекла от разбитой посуды, бумагу и вату.
11. По окончании работы отключите газ, воду, вытяжные шкафы и электроэнергию.

Лабораторно-практическое занятие № 1

Тема: Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем. Методы получения и очистки зольей

Значение изучаемой темы

Дисперсные системы широко распространены в природе, чрезвычайно многообразны и, можно сказать, что они представляют основу всего биологического мира. Их разнообразие и распространенность обусловлены различиями в химическом составе компонентов, размерах частиц и разнообразии дисперсных сред. Эта многообразность обеспечивает возможность получения и использования огромного числа продуктов.

В фармацевтической практике широко используются разнообразные дисперсные системы, такие как порошки, суспензии, эмульсии, пасты, аэрозоли, и препараты с коллоидной степенью дисперсности. Методы исследования этих систем играют ключевую роль в технологии создания медикаментов.

Методы получения дисперсных систем и коллоидных растворов применяются в технологии получения ряда лекарственных форм.

Решение комплексных медико-биологических проблем, таких как разработка моделей клеток, биологических мембран, нервных волокон и других, базируется на знании физико-химических закономерностей, свойственных дисперсным системам.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:
 - а) о дисциплине „Фармацевтические дисперсные системы” и ее основных этапах развития;
 - б) о классификации дисперсных систем;
 - в) о методах получения и очистки дисперсных систем.
2. Применять приобретенные знания для решения задач по данной теме.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) получать дисперсные системы различными методами;
- б) очищать дисперсные системы методом диализа.

Исходный уровень знаний

1. Понятие о дисперсных системах и коллоидных растворах.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем. Методы получения и очистки зольей”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач из МПРЗ (К.Х.), ч. 1, стр. 33-35.
4. Самостоятельно решить указанные задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 1 и оформить индивидуальную работу.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Получение, свойства и методы очистки дисперсных систем”.

Контрольные вопросы

1. Предмет изучения дисциплины „Фармацевтические дисперсные системы” и ее значение в медицине и фармации.
2. Основные этапы развития дисциплины. Роль ученых в развитии дисциплины, разработке новых методов получения и применения дисперсных систем, улучшении эффективности и безопасности лекарственных препаратов, развитии фармацевтической науки и индустрии.
3. Дисперсные системы. Дисперсная фаза и дисперсионная среда. Степень дисперсности. Классификация дисперсных систем по степени дисперсности.
4. Классификация дисперсных систем:
 - по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды (аэрозоли, лиозоли, солидозоли).
 - по степени взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой (необратимые и обратимые, лиофобные и лиофильные дисперсные системы).
 - по отсутствию или наличию взаимодействия между дисперсными частицами (свободнодисперсные и связнодисперсные системы).
5. Методы получения дисперсных систем.

6. Методы очистки дисперсных систем.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте предмет дисциплины „Фармацевтические дисперсные системы”, вопросы которые она изучает и ее значение в фармации и медицине.
2. Какова роль ученых в развитии дисциплины „Фармацевтические дисперсные системы”? Объясните происхождение термина „коллоидная химия” и связь с термином „дисперсная система”.
3. Дайте определения следующим понятиям: дисперсная система, дисперсная фаза, дисперсионная среда.
4. Что такое степень дисперсности, удельная поверхность, суммарная поверхность раздела и от чего они зависят?
5. Как можно выразить удельную поверхность через диаметр шарообразных частиц и длину ребра кубических частиц?
6. Характеристика отличительных признаков дисперсных систем: гетерогенность и раздробленность.
7. Применение коллоидной химии для охраны окружающей среды.
8. Как можно выразить концентрацию дисперсной фазы?
9. Приведите классификацию дисперсных систем по степени дисперсности и размерам частиц дисперсной фазы.
10. Как выразить степень дисперсности через диаметр шарообразных частиц и длину ребра кубических частиц?
11. Приведите классификацию, обозначения и названия дисперсных систем в зависимости от агрегатного состояния дисперсной фазы и дисперсионной среды.
12. Приведите классификацию дисперсных систем по отсутствию или наличию взаимодействия между частицами дисперсной фазы.
13. Дайте классификацию дисперсных систем по степени взаимодействия частиц дисперсной фазы с дисперсионной средой.
14. Охарактеризуйте коллоидные (высокодисперсные) системы как разновидность дисперсных систем.
15. Укажите особенности высокодисперсных систем.

- 16.Какая дисперсность характерна для коллоидных систем?
Перечислите признаки дисперсных систем.
- 17.Сравните единицы измерения степени дисперсности и удельной поверхности.
- 18.Дайте классификацию методов получения дисперсных и коллоидных систем.
- 19.Приведите примеры золей, получаемых методом химической конденсации.
- 20.Приведите примеры дисперсных систем, получаемых методом диспергирования.
- 21.Методы очистки дисперсных систем.
- 22.Что такое диализ и электродиализ?
- 23.Что такое ультрафильтрация?
- 24.Каков принцип работы аппарата „искусственная почка”, используемого при острой почечной недостаточности?
- 25.В чем суть компенсационного диализа и вивидиализа?
- 26.В чем сущность метода пептизации?
- 27.В чем суть метода замены растворителя?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Получение, свойства и методы очистки золей

Опыт 1. Получение золя гидроксида железа (III) методом гидролиза

Принадлежности к опыту:

1. Раствор FeCl_3 , с массовой долей 2 %.
2. Водяная баня.
3. Пробирки.
4. Дистиллированная вода.

5. Пипетки на 10 мл и 2 мл.

В пробирке, размещенной на водяной бане, нагреть до кипения 10 мл дистиллированной воды. Не вынимая пробирку из водяной бани, пипеткой добавляют 2 мл раствора FeCl_3 с массовой долей равной 2 %. Раствор кипятят еще несколько минут. При этом интенсивно происходит гидролиз хлорида железа (III), и образующиеся молекулы гидроксида железа (III) конденсируются в коллоидные частицы. Образуется золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$, красно-кирпичного оттенка, стабилизированный хлоридом железа.

Напишите уравнение реакции получения золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и мицеллярную формулу полученного золя.

Рекомендуется сохранить полученную дисперсную систему гидроксида железа (III) до завершения работы для более детального изучения ее свойств и проведения дополнительных исследований.

Опыт 2. Очистка золя $\text{Fe}(\text{OH})_3$ методом диализа

Принадлежности к опыту:

1. Коллодиевый или целлофановый мешочек.
2. стакан с дистиллированной водой.
3. Раствор AgNO_3 с концентрацией раствора равной 0,01 моль/л.

В коллодиевый (целлофановый) мешочек, который служит полупроницаемой мембраной, налить горячий золь $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Погрузить мешок с золем в стакан с дистиллированной водой, предварительно проверенной на наличие ионов хлора. Через 10-15 минут определить наличие ионов Cl^- в дистиллированной воде. Для этого отливают 2-3 мл воды из стакана в пробирку и добавляют 2-3 капли раствора AgNO_3 .

По результатам качественной реакции на наличие ионов хлора и по окраске воды в стакане, сделать соответствующие выводы относительно прохождения через полупроницаемую мембрану ионов хлора и мицелл гидроксида железа (III).

Опыт 3. Получение зольей йодида серебра

Принадлежности к опыту:

1. Растворы AgNO_3 и KI с молярными концентрациями равными 0,01 моль/л.

2. Пипетки на 2 мл - 2 шт.

В первую пробирку наливают 2 мл раствора AgNO_3 с концентрацией 0,01 моль/л, а во вторую 2 мл раствора KI с концентрацией 0,01 моль/л, затем медленно, по каплям, при встряхивании в первую пробирку добавляют 1,6 мл раствора KI , а во вторую - 1,6 мл раствора AgNO_3 .

Образуются опалесцирующие золи йодида серебра. Сравните их окраски. Напишите химические реакции получения дисперсных систем и их мицеллярные формулы.

Опыт 4. Получение золь берлинской лазури

Принадлежности к опыту:

1. Растворы FeCl_3 и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с молярными концентрациями эквивалента равными 0,005 моль/л.

2. Пипетки на 5 мл - 2 шт.

Получите в двух пробирках коллоидные растворы берлинской лазури из растворов FeCl_3 и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ в следующих пропорциях:

а) 3 мл FeCl_3 и 1 мл $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

б) 3 мл $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и 1 мл FeCl_3

Напишите химические реакции, цвет полученных золь и мицеллярные формулы.

Сохраните полученные дисперсные системы берлинской лазури до конца работы.

Опыт 5. Получение золь железосинеродистой меди

Принадлежности к опыту:

1. Раствор $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с молярной концентрацией эквивалента 0,005 моль/л.

2. Раствор CuSO_4 с массовой долей 1 %.

3. Пипетки на 5 мл и 1 мл.

К 5 мл раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ добавляют при встряхивании 0,2 мл раствора CuSO_4 . Образуется золь, окрашенный в коричнево-красный цвет. Напишите химическую реакцию и мицеллярную формулу полученной дисперсной системы.

Сохраните полученную дисперсную систему железосинеродистой меди до завершения лабораторной работы.

Опыт 6. Получение дисперсии металлического серебра

Принадлежности к опыту:

4. Раствор AgNO_3 , с молярной концентрацией 0,01 моль/л.
5. Раствор K_2CO_3 с массовой долей 0,1 %.
6. Раствор танина с массовой долей 0,1 %.

К 5 мл раствора AgNO_3 с молярной концентрацией 0,01 моль/л добавляют 2-3 капли раствора K_2CO_3 с массовой долей 0,1 % для создания щелочной среды, а только затем добавляют 2-3 капли свежеприготовленного раствора танина. Эта последовательность обеспечит условия для восстановления нитрата серебра в золь серебра под воздействием танина.

Пронаблюдайте изменение окраски раствора, затем его нагрейте. Что происходит с интенсивностью окраски раствора и почему? Напишите уравнения реакций, протекающих при образовании золя и мицеллярную формулу золя серебра.

Опыт 7. Получение золя оксида марганца (IV)

Принадлежности к опыту:

1. Раствор KMnO_4 с массовой долей 0,1 %.
2. Раствор тиосульфата натрия с массовой долей $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1 %.
3. Пипетки на 10 мл и на 1 мл.

К 5 мл раствора KMnO_4 с массовой долей 0,1 % добавить постепенно при встряхивании 4-5 капель раствора тиосульфата натрия с массовой долей 1 %. Отметьте окраску полученного коллоидного раствора, напишите химическую реакцию восстановления перманганата калия тиосульфатом натрия до оксида марганца (IV) и мицеллярную формулу полученного золя.

Опыт 8. Получение золя канифоли методом замены растворителя

Принадлежности к опыту:

1. Спиртовой раствор канифоли с массовой долей 1 %.
2. Пипетки на 5 мл и на 1 мл.

К 5 мл дистиллированной воды при энергичном встряхивании добавляют 2-3 капли спиртового раствора канифоли. Отметьте окраску полученного коллоидного раствора.

Опыт 9. Получение золя берлинской лазури методом адсорбционной пептизации

Принадлежности к опыту:

1. Насыщенный раствор гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$.
2. Раствор хлорида железа (III) с массовой долей равной 50 %.
3. Раствор щавелевой кислоты с массовой долей 2 %.
4. Пипетка на 5 мл.
5. Стеклянная палочка.

С помощью пипетки, внести в пробирку 1,5 мл насыщенного раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ и 0,5 мл раствора хлорида железа (III) с массовой долей 50%. Образуется темно-синий осадок ферроцианида железа (III). Добавить немного воды (5 мл), взболтать, затем осадок перенести на фильтр и промыть водой. После этого на фильтр налить 2-3 мл раствора щавелевой кислоты и размешать стеклянной палочкой. Осадок быстро пептизируется и с фильтра стекает интенсивно окрашенный золь берлинской лазури. Объясните механизм получения золя берлинской лазури.

Опыт 10. Получение золя гидроксида железа (III) методом пептизации

Принадлежности к опыту:

1. Раствор хлорида железа (III) с массовой долей 50 %.
2. Концентрированный раствор аммиака.
3. Раствор HCl с молярной концентрацией равной 0,02 моль/л.

Для получения осадка гидроксида железа (III) действием аммиака на хлорид железа (III), к 2 мл раствора $FeCl_3$ с массовой долей 10 % добавляют по каплям концентрированный раствор аммиака до полного осаждения ионов Fe^{3+} . Осадок декантируют несколько раз с использованием воды для удаления электролитов. Затем полученный осадок разделяют на две примерно равные порции, которые переносят в отдельные пробирки.

В первую пробирку добавляют 2 мл раствора HCl с молярной концентрацией равной 0,02 моль/л. При встряхивании образуется золь кирпично-красного цвета. Во вторую пробирку, встряхивая, по каплям добавляют раствор FeCl_3 с массовой долей 10 % и наблюдают образование дисперсной системы кирпично-красного цвета.

Объясните механизм получения золя гидроксида железа (III) в обоих случаях и напишите мицеллярные формулы полученных дисперсных систем.

Опыт 11. Определение знака заряда частиц дисперсных систем

Принадлежности к опыту:

1. Полученные дисперсные системы гидроксида железа (III) (опыт 1), берлинской лазури, полученные в опыте 4 и золь железосинеродистой меди, полученного в опыте 5.
2. Фильтровальная бумага.

Для определения знака заряда частиц дисперсной фазы в окрашенных золях можно воспользоваться методом капиллярного анализа. Этот метод основан на том, что целлюлозные стенки капилляров фильтровальной бумаги при контакте с дистиллированной водой заряжаются отрицательно, в то время как вода, пропитывающая бумагу, заряжается положительно.

Для проведения анализа, наносите каплю исследуемого золя на фильтровальную бумагу. После впитывания капли, дисперсная система с положительно заряженными частицами дисперсной фазы адсорбируется на бумаге, образуя окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно. В то время как золь с отрицательно заряженными частицами не адсорбируется бумагой и формирует равномерно окрашенное пятно.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, написание химических реакций для соответствующих опытов, составление мицеллярных формул полученных золей.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Получение, свойства и методы очистки золей”.

3. Решение задач по теме: „Природа, классификация и общие свойства дисперсных систем. Методы получения и очистки зелей”.

Лабораторно-практическое занятие № 2

Тема: Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем. Определение размера частиц дисперсной фазы в суспензиях седиментационным методом анализа

Значение изучаемой темы

В настоящее время дисперсность является одним из основных технологических параметров веществ и материалов во многих производствах. Для определения дисперсности разработаны различные методы, среди которых седиментационный метод является самым простым и широко распространенным. Этот метод позволяет определить распределение частиц по размерам, вычислить их удельную поверхность и относительное содержание в суспензии частиц различного размера. Седиментационный метод анализа эффективен для определения размера частиц дисперсной фазы в интервале от 10^{-7} м до 10^{-4} м.

Седиментационный анализ устойчивых дисперсных систем проводят с использованием ультрацентрифуги. В настоящее время она широко используется для количественных исследований белков и вирусов. Ультрацентрифуги позволяют определять молекулярную массу белков, анализировать их распределение по молекулярной массе, изучать изменения конфигурации и размера, вызванные различными взаимодействиями. Также проводится исследование сольватации и гидратации белков, их однородности и пространственной структуры. Определение молекулярной массы с использованием ультрацентрифуги позволяет идентифицировать вирусы, осуществлять их очистку и концентрирование. Новым направлением применения ультрацентрифуги стало изучение структуры молекул нуклеиновых кислот.

Цель изучения темы:

1.

приобрести знания:

- а) о молекулярно-кинетических свойствах коллоидных систем (броуновское движение, диффузия, осмотическое давление);
- б) о седиментационной устойчивости и седиментационном равновесии;
- в) об ультрацентрифуге и ее применении для исследования дисперсных систем;
- г) об оптических свойствах дисперсных систем;
- д) об оптических методах исследования дисперсных систем.

2.

меть применять приобретенные знания по данным вопросам для решения задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) определять массу осевших частиц суспензии с использованием торсионных весов в различные моменты времени;
- б) строить и обрабатывать кривую седиментации;
- в) рассчитывать размер частиц дисперсной фазы и их относительное содержание в суспензиях или порошках.

Исходный уровень знаний

1. Дисперсные системы. Суспензии.
2. Броуновское движение, диффузия и осмотическое давление в истинных растворах.
3. Явление рассеяния света.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему „Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач из методического пособия к решению задач по коллоидной химии ч. 1, стр. 12-15, 22-24.

4. Самостоятельно решить указанные задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 1 и оформить индивидуальную работу.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Определение размера частиц дисперсной фазы в суспензиях методом седиментации”.

Контрольные вопросы

1. Броуновское движение. Уравнение Эйнштейна.
2. Диффузия. Уравнения Фика.
3. Осмотическое давление дисперсных систем.
4. Седиментационная устойчивость и седиментационное равновесие.
5. Седиментационный анализ и его применение в фармации.
6. Ультрацентрифуга и ее применение для исследования коллоидных систем.
7. Оптические свойства дисперсных систем. Рассеяние света в коллоидных системах. Уравнение Рэлея.
8. Оптические методы исследования коллоидных растворов (ультрамикроскопия, нефелометрия, электронная микроскопия).
9. Определение формы, размеров и мицеллярной массы коллоидных частиц.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова природа молекулярно-кинетических явлений и почему они распространяются преимущественно на коллоидные системы, а не на все дисперсные системы?
3. Укажите причины броуновского движения. Как определить средний сдвиг частиц? Напишите уравнения закона броуновского движения Эйнштейна-Смолуховского.
4. Назовите причины и виды диффузии. Приведите примеры диффузии.
5. Что такое градиент концентрации, скорость диффузии и коэффициент диффузии?
6. Напишите уравнения первого и второго законов Фика и объясните их.
7. Что такое диффузионный поток и от чего он зависит?

8. Напишите уравнение для коэффициента диффузии, полученное Эйнштейном.
9. Что такое осмос, его причины и следствия? Как зависит осмотическое давление от размеров частиц дисперсной фазы коллоидных растворов?
10. Напишите уравнение Вант-Гоффа для расчета осмотического давления коллоидных растворов.
11. Что такое устойчивость и в чем особенности седиментационной (кинетической) и агрегативной устойчивости дисперсных систем?
12. В чем заключается гипсометрический закон распределения частиц дисперсной фазы по высоте? Какие условия необходимы для соблюдения этого закона?
13. Напишите уравнение, позволяющее рассчитать высоту, на которой концентрация частиц дисперсной фазы уменьшается в два раза.
14. Назовите условия оседания частиц средне- и грубодисперсных систем в жидких и газовых средах.
15. Напишите уравнение для расчета радиуса частиц дисперсной фазы из седиментационного анализа.
16. Покажите схему ультрацентрифуги и объясните, как она используется для определения радиуса частиц дисперсной фазы в коллоидных растворах.
17. Что такое константа седиментации и как она связана с молекулярной массой дисперсной фазы для растворенных полимеров, белков?
18. Нарисуйте кривые седиментации для би-, три- и полидисперсных систем и проанализируйте их.
19. Какие явления наблюдаются при прохождении света через дисперсную систему?
20. Что такое опалесценция и флуоресценция? Как экспериментально отличить опалесценцию от флуоресценции?
21. Напишите уравнение Рэлея и проанализируйте его.

22. Почему для светомаскировки применяют синий цвет, а для сигнализации в тумане - красный? На основе уравнения Рэлея объясните голубую окраску неба.
23. Нарисуйте схему ультрамикроскопа, объясните принцип его работы и напишите уравнение, позволяющее определить размер частиц дисперсной фазы.
24. Приведите схему нефелометра, объясните принцип его работы и покажите, как можно определить концентрацию коллоидного раствора и размер частиц дисперсной фазы.
25. Какими методами можно определить форму, размеры и мицеллярную массу коллоидных частиц?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение размера частиц дисперсной фазы в суспензиях седиментационным методом анализа

Принадлежности к работе:

1. Торсионные весы.
2. Порошки для анализа (тальк, мел и др.).
3. Цилиндр с дистиллированной водой.
4. Мешалка (палочка с резиновой насадкой).
5. Секундомер.

Экспериментальная часть

Настроить торсионные весы по уровню опорными винтами 1 и 2 (рис.1) и установить „ноль” прибора в соответствии с инструкциями.

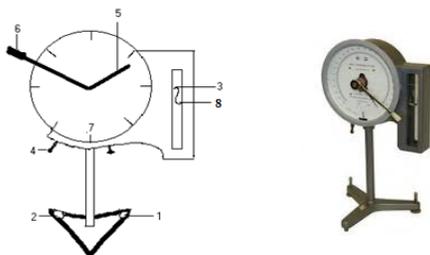


Рис.1. Схема торсионных весов (1 и 2 – опорные винты, 3 – коромысло, 4 – арретир, 5 – стрелка, 6 – рычаг, 7 – риска, 8 – крючок)

Приготовить суспензию из порошка, например, талька с массовой долей 0,5 %. Для этого навеску порошка поместить в фарфоровую ступку, растереть с небольшим количеством воды, затем перенести полученную массу в стакан для седиментации, добавить остальную воду и перемешать.

В другом стакане налить столько воды, чтобы её уровень соответствовал уровню в стакане с суспензией. Опустить в стакан с водой чашечку, подвешенную на крючке 8, и взвесить её. Для этого освободить коромысло 3, передвинув арретир 4 вправо, затем, используя рычаг 6, переместите стрелку 5 так, чтобы указатель совпал с риской 7. Арретировать весы. Массу чашечки m_0 отсчитать по шкале напротив стрелки 5. Одновременно измерить расстояние h (м) от дна чашечки до поверхности жидкости.

Перед проведением опыта суспензию в стакане перемешать в течение 3-5 минут стеклянной палочкой с резиновой насадкой на конце, поступательными движениями по вертикали для равномерного распределения частиц суспензии по всему объему. Быстро опустить в стакан чашечку, подвешенную на крючок коромысла и одновременно включить секундомер и торсионные весы, освободив коромысло передвижением арретира вправо. Первые отсчеты выполнять через каждые 10 секунд. Затем, по мере замедления оседания частиц, увеличивайте интервалы времени между отсчетами: сначала каждые 20-30 секунд, затем постепенно до 1-2 минут и, наконец, до 10 минут. Если два отсчета с

интервалом в 10 минут совпадают, опыт считается завершенным. Полученные данные занести в таблицу:

Время оседания от начала опыта, τ , с	Масса чашечки с осадком, m_1 , кг	Масса осевших частиц, m , кг

Для оформления отчета, необходимо построить кривую седиментации в координатах $m = f(\tau)$ и, обработав ее, построить дифференциальную кривую распределения.

Для построения дифференциальной кривой распределения нужно:

1. Рассчитать K по уравнению:

$$K = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_0)g}},$$

где: g - ускорение силы тяжести, (9,8 м/сек²)

η - вязкость жидкости, (Н·сек/м²)

ρ и ρ_0 - плотности дисперсной фазы и дисперсионной среды, соответственно, кг/м³. Плотность талька $\rho = 2,4 \cdot 10^3$ кг/м³.

2. Определить $\tau_{\text{мин}}$ и $\tau_{\text{макс}}$ по кривой седиментации.
3. Рассчитать $\tau_{\text{мин}}$ и $\tau_{\text{макс}}$ по уравнению $r = K\sqrt{g}$. Скорость оседания частиц будет $g = \frac{h}{\tau}$.
4. Наметить число фракций (обычно 6-10) и определить минимальное ($\tau_{\text{мин}}$) и максимальное ($\tau_{\text{макс}}$) время оседания для каждой фракции.
5. В намеченных точках провести касательные и определить массу каждой фракции.
6. Рассчитать Δg и $m/\Delta g$ для каждой фракции и занести все результаты в таблицу по форме:

Номер фракции	$\tau_{\text{мин}}$, с	$\tau_{\text{макс}}$, с	$\Gamma_{\text{макс}} \cdot 10^6$, м	$\Gamma_{\text{мин}} \cdot 10^6$, м	$\Delta g \cdot 10^6$, м	Масса каждой фракции, кг	Содержание фракции, %	$\frac{m}{\Delta g}$, кг/м

На основании полученных данных построить дифференциальную кривую распределения в координатах $m/\Delta g$ от g и определить средний размер частиц дисперсной фазы.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, написание химических реакций для соответствующих опытов, внесение данных в таблицы.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение размера частиц дисперсной фазы в суспензиях седиментационным методом анализа”.
3. Решение задач по теме: „Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем”.

Лабораторно-практическое занятие № 3

Тема: Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость. Определение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ методом Ребиндера и вычисление размеров их молекул

Значение изучаемой темы

Большинство биологических систем, включая живые клетки, представляют собой гетерогенные системы и отличаются многочисленными поверхностями раздела, преимущественно в форме биологических мембран. Поэтому изучение закономерностей изменения поверхностного натяжения на границе раздела фаз в биологических системах в норме и патологии, а также под воздействием лекарственных препаратов и токсических соединений, находит широкое применение в биологических и медицинских исследованиях.

Поверхностное натяжение крови заметно изменяется при некоторых патологических состояниях, что обусловлено изменением концентрации в крови различных веществ, являющихся поверхностно-активными. Вот почему медикам и фармацевтам важно знать

методы измерения поверхностного натяжения жидкостей и быть способными проводить такие измерения.

Кроме того, изучение поверхностного натяжения помогает глубже понять такие процессы, как смачивание, эмульгирование, адсорбция на поверхности жидкостей и, наконец, строение биологических мембран.

Значение поверхностных явлений для медицины очень велико. Например, адсорбция является начальной стадией процесса поглощения любых веществ клетками и тканями. С адсорбцией тесно связаны также процессы взаимодействия ферментов с субстратами, антител с антигенами, а также поляризации и деполяризации биологических мембран

Таким образом, знание теоретических основ адсорбции на границе раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость будет необходимо студентам, как в процессе изучения последующих дисциплин, так и в практической деятельности.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) о поверхностных явлениях, происходящих на границе раздела жидкость-газ и жидкость-жидкость;
- б) о поверхностно-активных и поверхностно-неактивных веществах (ПАВ и ПИВ);
- в) о методах определения поверхностного натяжения и поверхностной активности.

2. Применять усвоенные знания для решения задач по данной теме.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) измерять поверхностное натяжение жидкостей методом наибольшего давления газа с помощью прибора Ребиндера;
- б) строить изотермы поверхностного натяжения, определять на их основе поверхностную активность ПАВ и рассчитывать по полученным данным величины адсорбции;
- в) строить изотермы адсорбции;

- г) рассчитывать площадь, занимаемую одной молекулой ПАВ в поверхностном слое адсорбента, и длину молекулы ПАВ;
д) определять максимальную (предельную) величину адсорбции.

Исходный уровень знаний

1. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение.
2. Методы определения поверхностного натяжения.
3. Понятия об адсорбции.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач из МПРЗ (К.Х.), ч. 1, стр. 33-40.
4. Самостоятельно решить указанные задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 1 и оформить индивидуальную работу.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Определение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ методом Ребиндера и вычисление размеров их молекул”.

Контрольные вопросы

1. Поверхностные явления. Дайте определения следующих понятий: поверхностное натяжение, свободная поверхностная энергия, удельная поверхность, суммарная поверхность.
2. Методы определения поверхностного натяжения и поверхностной активности (метод наибольшего давления пузырька (метод Ребиндера), метод отсчета капель (сталагмометрический метод), метод капиллярного поднятия жидкости).
3. Адсорбция на границе жидкость-газ. Уравнение Гиббса.
4. Положительная и отрицательная адсорбция. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные вещества.
5. Расчет адсорбции по изотерме поверхностного натяжения. Изотерма адсорбции Гиббса.
6. Ориентация молекул в поверхностном слое. Определение длины и площади, занимаемой одной молекулой в насыщенном адсорбционном слое.

7. Правила Дюкло-Траубе и Антонова.
8. Уравнение Шишковского.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем вызвана нескомпенсированность межмолекулярного взаимодействия на границе раздела фаз?
2. Укажите факторы появления избытка поверхностной энергии. Что такое удельная свободная поверхностная энергия?
3. Что представляют собой удельная и суммарная поверхность раздела и от чего они зависят?
4. По какому уравнению можно рассчитать поверхностную энергию?
5. Что такое поверхностное натяжение, и в каких единицах оно измеряется?
6. Какие методы применяются для определения поверхностного натяжения?
7. На чем основано измерение поверхностного натяжения жидкостей методом Ребиндера (метод наибольшего давления пузырька воздуха)?
8. В чем заключается принцип измерения поверхностного натяжения сталагмометрическим методом?
9. Напишите уравнение изотермы адсорбции Гиббса и проведите его анализ.
10. Какие вещества называются поверхностно-активными? Приведите примеры.
11. Как ориентируются молекулы ПАВ в зависимости от концентрации на границе раздела раствор-воздух? Изобразите это схематически.
12. Какие вещества называются поверхностно-неактивными? Приведите примеры.
13. Каким уравнением выражается зависимость поверхностного натяжения от концентрации поверхностно-активного вещества?
14. Что называется адсорбцией и абсорбцией?
15. Что такое положительная и отрицательная адсорбция?

16. Что такое поверхностная активность и каков ее знак в случае ПАВ и ПИВ?
17. Нарисуйте изотермы адсорбции Гиббса для ПАВ и ПИВ.
18. Одинакова ли толщина адсорбционного слоя этилового и амилового спиртов?
19. Как рассчитывается величина адсорбции по изотерме поверхностного натяжения?
20. Как будут расположены графически относительно друг друга изотермы поверхностного натяжения растворов с одинаковой молярной концентрацией следующих кислот: масляной, уксусной, валериановой и пропионовой?
21. Что такое предельная адсорбция Γ_{∞} ($\Gamma_{\text{макс}}$) и как ее можно определить?
22. Напишите уравнение для расчета длины и площади, занимаемой одной молекулой ПАВ в насыщенном адсорбционном слое.
23. Сформулируйте правило Дюкло-Траубе и приведите иллюстрирующий его пример.
24. Сформулируйте правило Антонова и объясните его.
25. Напишите уравнение Шишковского и проведите его анализ.

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ методом Ребиндера и вычисление размеров их молекул

Принадлежности к работе:

1. Прибор Ребиндера.
2. Исследуемые водные растворы одного из спиртов (бутиловый, амиловый, пропиловый и изоамиловый спирт) с концентрациями 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2 (моль/л).
3. Промывалка с дистиллированной водой.
4. Фильтровальная бумага.

Экспериментальная часть

На одном из лабораторных занятий по биофизике было проведено определение поверхностного натяжения жидкости сталагмометрическим методом (метод счета капель). На данном занятии для определения поверхностного натяжения жидкости (растворов спирта различных концентраций) использовался метод наибольшего давления пузырька газа (метод Ребиндера).

Измерение поверхностного натяжения по методу наибольшего давления пузырька воздуха проводится с использованием прибора Ребиндера, представленного на рисунке.

Метод основан на измерении давления, необходимого для выдавливания пузырьков воздуха из стеклянного капилляра в жидкость. Давление, при котором происходит отрыв пузырька, пропорционально поверхностному натяжению жидкости и зависит от радиуса капилляра.

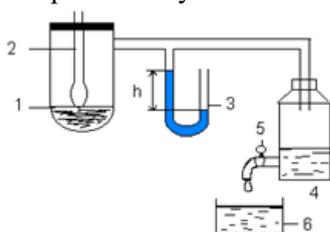


Рис. 1. Схема прибора Ребиндера

(1 - сосуд с отводной трубкой,
2 - стеклянная трубка, заканчивающаяся капилляром, 3- манометр, 4 - аспиратор,
5 – кран, 6 – сосуд для воды)

Прибор Ребиндера состоит из сосуда 1 с отводной трубкой, в которую вставлена стеклянная трубка 2, заканчивающаяся внизу капилляром. Сосуд 1 с боковой трубкой соединяется с манометром 3 и аспиратором 4, как указано на рисунке. Аспиратор наполняют водой больше чем на 3/4 и под него подставляют сосуд 6. В начале опыта жидкость в обоих коленах манометра должна находиться на одинаковом уровне. В сосуд 1 наливают столько дистиллированной воды, чтобы капиллярный конец стеклянной трубки 2 оказался незначительно ниже поверхности воды в сосуде 1. После этого открывают кран 5 аспиратора настолько, чтобы через капилляр трубки пузырьки воздуха выходили один за другим со скоростью, допускающей удобный счет пузырьков. Установив предельную частоту образования пузырьков, производят по манометру не менее

трех отсчетов максимальной разности уровней. Выводят среднюю величину из этих отсчетов (h_{cp}). Закрывают кран 5.

Величина поверхностного натяжения воды при 293 К

$$\sigma (H_2O)=72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2.$$

Так как P пропорциональна h , постоянную капилляра вычисляют по формуле:

$$A = \frac{\sigma_{H_2O}}{P_{H_2O}} = \frac{\sigma_{H_2O}}{h_{H_2O}}$$

где $P(H_2O)$ - максимальное давление проталкивания пузырьков воздуха через поверхностный слой воды.

Для определения поверхностного натяжения исследуемого раствора сначала выливают воду из сосуда 1, затем ополаскивают сосуд 1 и трубку 2 этим раствором. После этого наливают исследуемый раствор спирта в сосуд так, чтобы капиллярный конец стеклянной трубки 2 оказался незначительно ниже поверхности раствора.

Продолжают выполнение опыта, повторяя те же самые операции, что и при определении постоянной капилляра. Эксперимент проводится с использованием следующих концентраций исследуемых веществ: 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2 (моль/л).

Поверхностное натяжение исследуемых растворов рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma (X)= A \cdot P(X)=A \cdot h(X),$$

где $P(x)$ - максимальное давление проталкивания пузырьков воздуха через поверхностный слой исследуемых растворов.

Полученные данные записываются в таблицу 1.

Таблица 1

№	Концентрация растворов с, моль/л	Максимальная разность уровней, $h \cdot 10^2$, м	Поверхностное натяжение, $\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²
1	0 (вода)		
2	0,0125		
3	0,025		
4	0,05		

5	0,1		
6	0,2		

Для оформления отчета:

1. На миллиметровой бумаге постройте изотерму поверхностного натяжения для исследуемых растворов (зависимость σ от c).
2. Для вычисления величин адсорбции (Γ) при данных концентрациях исследуемого вещества следует найти по изотерме поверхностного натяжения соотношения $\Delta\sigma/\Delta c$ между последовательными точками и подставить эти значения в уравнение Гиббса:

$$\Gamma = -\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} \cdot \frac{c_{med}}{RT}.$$

Полученные значения будут приближенными для точек со средним значением концентрации (c_{cp}). Значение c_{cp} находится как

$$\frac{c_1 + c_2}{2} \text{ или } \frac{c_2 + c_3}{2} \text{ и т.д.}$$

3. Для определения значения постоянной Γ_∞ используется графический метод. На оси абсцисс откладывают значения c_{cp} , а на оси ординат - c_{cp}/Γ . Согласно уравнению Лэнгмюра, представленному в виде уравнения прямой:

$$\frac{c_{med}}{\Gamma} = \frac{K}{\Gamma_\infty} + \frac{1}{\Gamma_\infty} * c_{med}$$

в координатах c_{cp} и c_{cp}/Γ получится прямая, тангенс угла наклона (φ) которой равен $1/\Gamma_\infty$ или $\text{ctg } \varphi = \Gamma_\infty$.

4. Имея значение постоянной Γ_∞ , и предполагая, что поверхностно-активное вещество образовало на поверхности мономолекулярную пленку, можно рассчитать площадь, занимаемую одной молекулой на поверхности, а также ее длину.

Если на 1 м^2 находится $\Gamma_\infty * 6,02 \cdot 10^{23}$ молекул, то площадь, занимаемая одной молекулой S_0 равна:

$$S_0 = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}$$

5. Длина молекулы (l) вычисляется, если известна плотность адсорбированного вещества и масса вещества на 1 м^2 . Масса вещества может быть выражена как $M \cdot \Gamma_{\infty}$ или как $V \cdot \rho$,

где: M - молярная масса адсорбированного вещества, г/моль,

V - объем адсорбированного вещества, м^3 ,

S - площадь, равная 1 м^2 .

Таким образом,

$$l = \frac{M \cdot \Gamma_{\infty}}{\rho}$$

Рассчитать длину молекулы исследуемого вещества теоретически на основе его химической структуры и длины связей, а затем
б. сравнить с экспериментально полученным значением.

Полученные данные представить в виде таблицы.

Таблица 2

№.	$c \cdot 10^{-3}$, моль/ м^3	$c_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}$, моль/ м^3	$c \cdot 10^{-3}$, моль/ м^3	$\Delta\sigma \cdot 10^3$, Дж/ м^2	$\Gamma \cdot 10^6$, моль/ м^2	$\frac{c_{\text{ср}}}{\Gamma} 10^{-6}$, м^{-1}
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Таблица 3

$\Gamma_{\infty} \cdot 10^6$, моль/ м^2	$S_0 \cdot 10^{19}$, м^2	$l_{\text{эксп}} \cdot 10^9$, м	$l_{\text{теор}} \cdot 10^9$, м

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ методом Ребиндера и вычисление размеров их молекул”.

3. Решение задач по теме: „Термодинамика поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела жидкость-газ, жидкость-жидкость”.

Лабораторно-практическое занятие № 4

Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость. Исследование адсорбции уксусной кислоты на активированном угле

Значение изучаемой темы

Адсорбция твердыми телами имеет большое значение для медицины и фармации. Адсорбционная терапия, например, использует различные адсорбенты (такие как уголь, каолин, гидроксид железа (III), ионообменные смолы и другие) в качестве противоядий для связывания токсинов, попавших в желудочно-кишечный тракт. Эти адсорбенты также применяются для поглощения образующихся газов при метеоризме. Особенно важную роль играют иониты при фракционировании различных низкомолекулярных метаболитов и биополимеров, а также при удалении ионов кальция из крови перед ее консервацией.

Метод ионного обмена широко используется для умягчения и обессоливания воды, а также для удаления солей из молока, растворов фруктозы и различных лекарственных препаратов, таких как антибиотики, витамины, алкалоиды. Кроме того, этот метод используется для очистки растворов белков от примесей низкомолекулярных полиэлектролитов и в других областях.

Активированный уголь применяют не только в адсорбционной терапии, но также в военных и промышленных противогасах. Поэтому знание теоретических основ адсорбции на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость (раствор), а также умение количественно определять адсорбцию твердыми адсорбентами, будет полезным студентам не только при изучении последующих дисциплин (органической и аналитической химии, биохимии,

фармакогнозии, фармакологии, технологии лекарств, фармацевтической химии и др.), но и в будущей практической деятельности.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) о теоретических основах и закономерностях процессов, протекающих на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость (раствор).

2. Применять приобретенные знания для решения задач по данной теме.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) исследовать адсорбцию веществ из растворов твердыми адсорбентами;
- б) рассчитывать величину адсорбции веществ из растворов твердыми адсорбентами и на их основе строить изотермы адсорбции;
- в) определять постоянные величины в уравнении Фрейндлиха;
- г) определять константы в уравнении Лэнгмюра.

Исходный уровень знаний

1. Понятия о процессах сорбции, адсорбции, хемосорбции и десорбции.

Задание на дом

- 1. Повторить вопросы исходного уровня знаний и контрольные вопросы из методического указания к лабораторно-практическому занятию.
- 2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость (раствор)”.
- 3. Усвоить алгоритмы решенных задач из МПРЗ (К.Х.), ч. 1, стр. 37-40.
- 4. Самостоятельно решить указанные задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 1 и оформить индивидуальную работу.
- 5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Исследование адсорбции уксусной кислоты на активированном угле”.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующих понятий: сорбция, адсорбция, хемосорбция, десорбция и капиллярная конденсация.
2. Явление смачивания.
3. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость. Уравнение Фрейндлиха. Изотерма адсорбции.
4. Факторы, влияющие на величину адсорбции газов и растворенных веществ.
5. Уравнение Лэнгмюра. Изотерма адсорбции Лэнгмюра.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое адсорбция и чем она вызвана?
2. Что такое физическая адсорбция и хемосорбция?
3. Что такое абсорбция и капиллярная конденсация?
4. Что такое десорбция, в каких случаях она наблюдается, и какие факторы влияют на процесс десорбции?
5. В каких единицах принято измерять величину адсорбции растворов на твердых адсорбентах?
6. Что такое изотерма адсорбции и какими уравнениями она может быть представлена? Напишите эти уравнения.
7. Каков физический смысл постоянных величин в уравнении Фрейндлиха?
8. Для каких концентраций (давлений) адсорбтива (малых, средних или больших) применимо уравнение адсорбции Фрейндлиха?
9. Каковы особенности адсорбции веществ из растворов?
10. Напишите уравнение для расчета величины адсорбции молекул адсорбтива из растворов.
11. Какие виды адсорбции из растворов вам известны?
12. Как определяется равновесная концентрация уксусной кислоты при ее адсорбции из растворов на активированном угле?
13. Сформулируйте основные положения теории Лэнгмюра.
14. Напишите уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра и проанализируйте его.

15. Как определить величину Γ_{∞} графическим способом, если известен ряд значений Γ и c ?
16. Как по величине Γ_{∞} вычислить поверхность адсорбента ($\text{м}^2/\text{кг}$)?
17. Чем отличаются изотермы адсорбции Фрейндлиха и Лэнгмюра?
18. Каков физический смысл постоянной b в уравнении Лэнгмюра?
19. Как определить постоянную b графическим способом, если известен ряд значений Γ и c ?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Исследование адсорбции уксусной кислоты на активированном угле

Принадлежности к работе:

1. Шесть колб на 150 мл с пробками.
2. Восемь конических колб на 100 мл.
3. Пипетки на 5 мл, 10 мл, 25 мл и 50 мл.
4. Бюретка на 25-50 мл.
5. Шесть воронок.
6. Фильтровальная бумага.
7. Активированный уголь.
8. Растворы уксусной кислоты с концентрациями 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 и 0,0125 моль/л.
9. Стандартный раствор NaOH с концентрацией 0,1 моль/л.
10. Раствор фенолфталеина.

Экспериментальная часть

Для исследования адсорбции уксусной кислоты из ее водных растворов на активированном угле поступают следующим образом. В шесть пронумерованных колб добавляют по 50 мл водного раствора уксусной кислоты с различными молярными концентрациями, указанными в таблице 1. Затем в каждую колбу одновременно добавляют по одной таблетке заранее измельченного активи-

рованного угля (масса таблетки $m = 0,25$ г). Колбы плотно закрывают пробками и тщательно взбалтывают в течение 10 минут.

Параллельно определяют точную начальную концентрацию растворов уксусной кислоты, $c_0(\text{CH}_3\text{COOH})$, если на колбах указаны приблизительные концентрации растворов. Для этого с помощью пипетки набирают в колбы для титрования из 1, 2, 3 и 4 колбы по 25 мл, из 5 колбы 10 мл а из 6 колбы 5 мл растворов уксусной кислоты, приготовленных для проведения адсорбции, добавляют по 2-3 капли фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия с молярной концентрацией равной 0,1 моль/л, до появления слабо-розовой окраски. Начальные молярные концентрации растворов уксусной кислоты (в моль/л) рассчитывают по уравнению:

$$c_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH})} \quad (1).$$

После проведения адсорбции фильтруют содержимое колб в другие шесть отдельных пронумерованных колб, отбрасывая первые порции фильтрата (2-3 мл).

Для определения равновесной концентрации уксусной кислоты $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ из 1, 2, 3, 4 колб (отдельно пронумерованных) отбирают пипеткой по 25 мл фильтрата, из 5 колбы - 10 мл, из 6 колбы - 5 мл растворов уксусной кислоты, добавляют по 2-3 капли фенолфталеина и титруют до появления слабой розовой окраски. Равновесные концентрации уксусной кислоты $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ рассчитывают по вышеуказанному уравнению (1).

Величину адсорбции рассчитывают по уравнению:

$$\Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{x}{m} = \frac{V(\text{CH}_3\text{COOH})[c_0(\text{CH}_3\text{COOH}) - c(\text{CH}_3\text{COOH})]}{m}, \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$$

где:

x - количество адсорбированного вещества, ммоль,

$V(\text{CH}_3\text{COOH})$ - объем раствора уксусной кислоты, взятый для адсорбции, мл;

m - масса активированного угля, взятого для адсорбции, г.

Результаты измерений и расчетов занесите в таблицы № 1 и № 2.

Таблица №1

Результаты титрования							
до адсорбции				после адсорбции			
№	Объем уксусной кислоты, взятый для титрования V(CH ₃ COOH), мл	Объем NaOH, использованный для титрования V(NaOH), мл	Начальная концентрация уксусной кислоты с ₀ (CH ₃ COOH) моль/л	Объем уксусной кислоты, взятый для титрования V(CH ₃ COOH) мл	Объем NaOH, использованный для титрования V(NaOH), мл	Равновесная концентрация уксусной кислоты с(CH ₃ COOH) моль/л	$\frac{1}{c_{(CH_3COOH)}}$ л/моль
1							
2							
3							
4							
5							

Таблица №2

№	Г(CH ₃ COOH), ммоль/г	lgГ(CH ₃ COOH) ммоль/г	$\frac{1}{G_{(CH_3COOH)}}$ г/ммоль	lgс(CH ₃ COOH), ммоль/л	1/n	β	Г _∞ ммоль/г	К
1								
2								
3								
4								
5								

1. Определение констант в уравнении Фрейндлиха

На миллиметровой бумаге постройте изотерму адсорбции уксусной кислоты на угле в координатах

$$\Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = f(c(\text{CH}_3\text{COOH})).$$

Для нахождения численных значений эмпирических коэффициентов β и n, уравнение Фрейндлиха

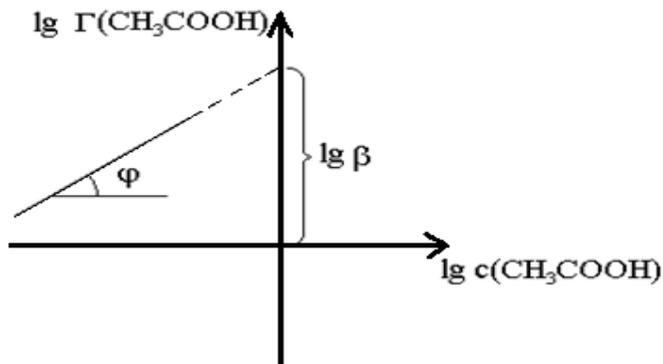
$$\Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = \beta \cdot c^{1/n}(\text{CH}_3\text{COOH}) \quad (3)$$

преобразуется в уравнение прямой, путем логарифмирования:

$$\lg \Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = \lg \beta + 1/n \cdot \lg c(\text{CH}_3\text{COOH}).$$

Следует заметить, что при логарифмировании уравнения (3) принято выражать Γ в ммоль/г, а с(CH₃COOH) - в ммоль/л.

Далее постройте график в координатах
 $\lg \Gamma(\text{CH}_3\text{COOH}) = f(\lg c(\text{CH}_3\text{COOH}))$.



Из графика можно найти численные значения констант β и n . Отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат равен $\lg \beta$, а тангенс угла наклона прямой равен $1/n$ или $n = \text{ctg } \varphi$.

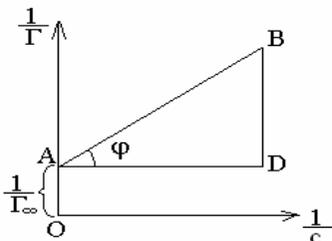
2. Определение констант в уравнении Лэнгмюра

Уравнение Лэнгмюра $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{c}{K+c}$ преобразуют в уравнение прямой линии путем деления единицы на обе части уравнения:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{c+K}{\Gamma_{\infty}c} \quad \text{или} \quad \frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} + \frac{K}{\Gamma_{\infty}c}$$

Получили уравнение прямой линии, в котором в качестве переменных выступают $1/\Gamma$ и $1/c$.

Строят график в координатах $1/\Gamma = f(1/c)$ и находят значение констант.



$$1/\Gamma_{\infty} = \text{OA} \quad \text{или} \quad \Gamma_{\infty} = 1/\text{OA}$$

$$K/\Gamma_{\infty} = \text{tg } \varphi \quad \text{отсюда} \quad K = \Gamma_{\infty} \text{tg } \varphi$$

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных данных и проведение соответствующих расчетов.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Исследование адсорбции уксусной кислоты на активированном угле”.
3. Решение задач по теме: „Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость”.

Лабораторно-практическое занятие № 5

Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция сильных электролитов. Иониты. Качественные опыты по адсорбции

Цель изучения темы:

Приобрести знания:

а) о влиянии на адсорбцию из растворов природы растворителя, природы и пористости адсорбента.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

а) качественно определять влияние природы адсорбтива, адсорбента и растворителя на адсорбцию из растворов.

Исходный уровень знаний

Знание вопросов из методических указаний к лабораторно-практическим занятиям № 6 и 7.

Задание на дом

1. Повторить контрольные вопросы из методических указаний к лабораторно - практическим занятиям № 6 и 7.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция сильных электролитов. Иониты.”
3. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Качественные опыты по адсорбции”.

Контрольные вопросы

1. Явление смачивания. Инверсия смачивания. Коэффициент гидрофильности.
2. Влияние природы адсорбента, адсорбтива и растворителя на адсорбцию из растворов.
3. Эквивалентная адсорбция слабых электролитов и избирательная адсорбция сильных электролитов. Правила Пескова-Фаянса.
4. Ионообменная адсорбция. Иониты. Классификация ионитов. Применение ионитов в фармации.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое когезия и адгезия? Поясните на примерах.
2. В чем заключается явление смачивания? Приведите примеры.
3. Что такое гидрофобные (лиофобные) и гидрофильные (лиофильные) поверхности?
4. Какая величина характеризует способность жидкости смачивать поверхность данного твердого тела?
5. Что такое краевой угол смачивания и как он определяется?
6. Что такое коэффициент гидрофильности и как на основе его величины определить, является ли поверхность твердого тела гидрофильной или гидрофобной?
7. Как можно „гидрофилизировать” или „гидрофобизировать” твердые поверхности? Приведите примеры.
8. Каковы особенности адсорбции твердыми адсорбентами из растворов неэлектролитов?
9. В чем особенности физической и химической адсорбции?
10. Каковы особенности адсорбции твердыми адсорбентами из растворов электролитов?
11. Как влияют на адсорбцию природа растворителя, природа и пористость адсорбента?
12. Сформулируйте и объясните на примерах правило Пескова-Фаянса.
13. Каковы особенности обменной адсорбции?
14. Какие вещества называются ионитами? Каково их практическое применение? Приведите примеры ионитов.

15. Где и какие иониты применяются в фармации?
16. В чем особенности реакций катионного и анионного обмена ионитов?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Качественные опыты по адсорбции

Принадлежности к работе:

1. Разбавленные растворы CuSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, фуксина, флуоресцеина, эозина, метиленового синего и золей гидроксида железа и берлинской лазури.
2. Водные и спиртовые разбавленные растворы фуксина или метиленового синего.
3. Раствор нитрата свинца с массовой долей 0,07 %.
4. Адсорбенты: активированный уголь, силикагель, каолин, фильтровальная бумага.

Экспериментальная часть

Опыт 1. Адсорбция электролитов, красителей и золей активированным углем

В 7 пробирок наливают по 5 мл сильно разбавленных и слабо окрашенных растворов CuSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, фуксина, флуоресцеина, эозина и золей гидроксида железа и берлинской лазури. Затем в каждую пробирку вносят немного (около 0,2 г) растертого в порошок активированного угля, взбалтывают смеси в течение 5 минут и фильтруют засасыванием в стеклянную трубочку, нижний конец которой плотно заполнен комочком ваты. Обратите внимание на окраску полученных фильтратов. Каким адсорбентом является активированный уголь?

Опыт 2. Влияние природы адсорбента на адсорбцию различных по природе красителей

Возьмите три пробирки. В первую внесите немного силикагеля или каолина (около 0,2г), а во вторую - активированного угля. В третьей пробирке смешайте по 2 мл водных растворов метиленового синего и эозина (или флуоресцеина). Затем добавьте смесь красителей в первые две пробирки. Содержимое пробирок взболтайте в течение 3-5 минут и отфильтруйте, как в опыте 1. Чем объясняется различная окраска фильтратов? Ответ аргументируйте.

Опыт 3. Влияние природы растворителя на адсорбцию из растворов

Возьмите две пробирки. В одну пробирку налить 5 мл водного раствора, а в другую столько же спиртового раствора метиленового синего или фуксина одинаковой концентрации (слабо окрашенные растворы). Затем в каждую пробирку добавьте небольшое количество активированного угля (приблизительно 0,1 г). Содержимое пробирок взболтайте и отфильтруйте. Обратите внимание на различную окраску фильтратов. Из какого растворителя метиленовый синий или фуксин адсорбируется полнее? Ответ аргументируйте.

Опыт 4. Влияние природы адсорбтива на адсорбцию из растворов

Нанести на фильтровальную бумагу по одной капле водных растворов метиленового синего, фуксина и эозина. Наблюдайте за степенью растекания капель, учитывая, что поверхность волокон фильтровальной бумаги при смачивании водой приобретает отрицательный заряд.

Отметьте пятно, какого красителя растекается сильнее и объясните почему. Определите знак заряда окрашенных ионов красителей. К каким классам соединений относятся исследуемые красители? Аргументируйте ваш ответ.

Опыт 5. Адсорбция ионов свинца активированным углем

В течение 5 минут взбалтывают 5 мл раствора нитрата свинца с массовой долей 0,07 % с 0,25 г активированного угля (порошок) и фильтруют смесь. Отсутствие ионов свинца в фильтрате и наличие их в исходном растворе проверяется реакцией с бихроматом калия ($K_2Cr_2O_7$) что подтверждает адсорбцию ионов свинца углем.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных данных, а также составление химических реакций для соответствующих опытов.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Классификация ионов. Применение ионов в фармации”.
3. Решение задач по теме: „Физико-химия поверхностных явлений. Адсорбция сильных электролитов. Иониты”.

Лабораторно-практическое занятие № 6

Тема: Физико-химия поверхностных явлений. Хроматография и ее применение. Разделение лекарственных веществ методом хроматографии

Значение изучаемой темы

Увеличение числа лекарственных препаратов сопровождается развитием новых методов их качественного и количественного анализа. Одним из таких методов является газожидкостная хроматография (ГЖХ), впервые введенная в XI издание Государственной фармакопеи СССР. Это высокочувствительный, универсальный и специфичный метод, предоставляющий дополнительные возможности для идентификации и количественного определения лекарственных веществ в препаратах, биологических жидкостях, а также для анализа многокомпонентных смесей.

Метод ГЖХ используется для изучения качества лекарственных средств, определения продуктов разложения, образующихся в процессе синтеза или хранения, а также для установления оптимальных условий хранения и сроков годности лекарственных препаратов.

В клинической практике методы бумажной и тонкослойной хроматографии (ТСХ) нашли применение для быстрого анализа крови и мочи на содержание лекарственных веществ, различных белков, аминокислот и продуктов метаболизма. Метод ТСХ позволяет быстро и четко разделять и идентифицировать даже очень

малые количества неорганических веществ, в пределах от десятых и сотых долей до десятков микрограммов.

В фармацевтической промышленности метод ТСХ играет важную роль в контроле хода синтеза лекарственных препаратов, оценке их чистоты и устойчивости.

Различные хроматографические методы анализа широко применяются в фармакогнозии, технологии лекарств, фармацевтической химии, токсикологической химии и других областях.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:
 - а) о теоретических основах и практическом применении хроматографических методов, включая их роль в фармацевтической сфере.
2. Уметь применять приобретенные знания для решения задач по данной теме.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) проводить хроматографическое разделение смесей веществ в тонком слое, на хроматографической бумаге и в колонке;
- б) рассчитывать коэффициенты распределения (удерживания) веществ на основе полученных экспериментальных данных.

Исходный уровень знаний

Знание контрольных вопросов из методических указаний к лабораторно-практическим занятиям № 5, 6 и 7.

Задание на дом

1. Повторить контрольные вопросы из методических указаний к лабораторно-практическим занятиям № 5, 6 и 7.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Физико-химия поверхностных явлений. Хроматография и ее применение”.
3. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Разделение смеси лекарственных веществ методом хроматографии”.

Контрольные вопросы

1. Хроматография. Общие сведения о хроматографии.
2. Классификация хроматографических методов анализа по механизму процесса разделения (адсорбционная, жидкостная, газовая, ионообменная, распределительная, осадочная, комплексобразующая, гель-фильтрационная и др.).
3. Классификация хроматографических методов анализа по форме проведения процесса хроматографирования (колоночная, бумажная (восходящая, нисходящая, радиальная и двухмерная), капиллярная, тонкослойная).
4. Классификация хроматографических методов анализа по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз (газовая, газожидкостная и жидкостная хроматография).
5. Классификация хроматографических методов по способам перемещения разделяемых веществ вдоль слоя сорбента (фронтальный, проявительный (элюентный) и вытеснительный).
6. Применение хроматографии для получения и анализа лекарственных веществ.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность методов хроматографического анализа, и какие явления лежат в основе хроматографического метода разделения, очистки, анализа и исследования веществ?
2. Приведите классификацию хроматографических методов анализа по механизму процесса разделения веществ. Дайте их характеристику, назовите преимущества и недостатки. Приведите примеры их применения.
3. Дайте классификацию хроматографических методов анализа по форме проведения процесса хроматографирования и их характеристику.
4. Дайте классификацию хроматографических методов анализа и агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз. Приведите принципиальную схему газового хроматографа и объясните принцип газохроматографического разделения компонентов смеси.

5. Приведите классификацию хроматографических методов по способам перемещения разделяемых веществ вдоль слоя сорбента.
6. Приведите примеры применения хроматографии для получения и анализа лекарственных веществ.

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Разделение смеси лекарственных веществ методом хроматографии

Опыт 1: Разделение новокаина и анестезина методом тонкослойной хроматографии.

Принадлежности к опыту:

1. Смесь растворителей (9 об.ч. CHCl_3 и 1 об.ч. CH_3OH)
2. 0,01 г новокаина в 10 мл ацетона.
3. 0,01 г анестезина в 10 мл ацетона.
4. Пластинки с закрепленным слоем адсорбента.
5. Пульверизаторы с раствором HCl с молярной концентрацией 1 моль/л, с раствором NaNO_2 , с массовой долей, равной 5 %, с щелочным раствором β - нафтола.
6. Капилляры.

Экспериментальная часть

На пластинке с закрепленным слоем адсорбента проведите стартовую линию графитным карандашом на расстоянии 1,5-2 см от края пластинки. Нанести тонким капилляром две капли растворов индивидуальных веществ (новокаина и анестезина) и каплю их смеси на расстоянии 2 см друг от друга. Высушите на воздухе. Налейте в эксикатор растворитель в таком количестве, чтобы он не доходил на 5-7 мм до стартовой линии на пластинке, уставленной под углом. Закрывать эксикатор и оставить на 45-50 минут. По мере продвижения фронта растворителя на пластинке происходит разде-

ление веществ. Вынуть пластинку, отметить на ней графитовым карандашом линию фронта растворителя и высушить на воздухе.

Разделяемые вещества бесцветны. Для обнаружения пятен на хроматограмме пластинку следует проявить, последовательно опрыскивая её следующими растворами из пульверизатора:

- а) раствором HCl 1 моль/л
- б) раствором NaNO_2 , с массовой долей 5 %
- в) щелочным раствором β -нафтола.

Интервал между опрыскиваниями составляет 2 минуты. Проявление основано на образовании азокрасителей с β -нафтолом, производных *p*-аминобензойной кислоты (новокаина и анестезина).

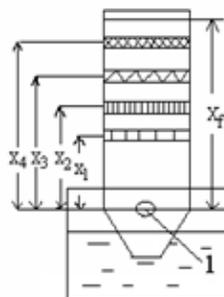
По полученной хроматограмме рассчитайте фактор удерживания R_f для новокаина и анестезина. Он равен отношению расстояния, пройденного веществом, к расстоянию, пройденному фронтом растворителя.

Опыт 2. Разделение смеси индикаторов методом восходящей бумажной хроматографии

Принадлежности к опыту:

1. Хроматографическая бумага.
2. Цилиндр с крышкой.
3. Смесь индикаторов (0,02 г метилового красного, 0,02 г фенолфталеина, 0,04 г бромтимолового синего, 0,04 г тимолового синего в 100 мл этилового спирта с массовой долей равной 50 %).
4. Смесь растворителей.
5. Концентрированные растворы аммиака и соляной кислоты.

На полоску хроматографической бумаги шириной 1,5-2 см и длиной 20 см, с вырезанным фитильком (см. рисунок), выше суженного конца, наносят с помощью пипетки с узким капилляром каплю смеси индикаторов (фенолфталеина, метилового красного, тимолового синего, бромтимолового синего)



и высушивают. На это же место наносят вторую каплю и снова высушивают. Место нанесения каплей (1) отмечают карандашом как исходное положение. Затем бумажную полоску опускают в цилиндр, на дне которого налито такое количество приготовленной смеси растворителей, чтобы в раствор погрузилась только узкая часть полоски.

Цилиндр закрывают картонной крышкой с вырезом, в котором закрепляют верхнюю часть бумажной полоски. Когда растворитель поднимается на высоту 10-15 см, полоску вынимают, отмечают карандашом высоту, до которой дошел растворитель (x_f) и высушивают. Смесь красителей поднимается вместе с растворителем и разделяется на компоненты.

Для проявления полученной хроматограммы полоску держат над парами аммиака, отмечают зону фенолфталеина красно-малинового цвета (x_1), а затем - над парами соляной кислоты и отмечают карандашом окрашенные зоны метилового красного, тимолового синего, бромтимолового синего (x_2, x_3, x_4). Для каждого из компонентов смеси рассчитывают коэффициент распределения R_f как отношение зоны его прохождения (например, x_1) к фронту прохождения растворителя (x_f). Отсчет ведут до середины пятен.

$$R'_f = \frac{x_1}{x_f}; \quad R'_f = \frac{x_2}{x_f} \text{ и т.д.}$$

При одинаковых условиях проведения опыта величина R_f для каждого компонента будет постоянной.

Данные заносят в таблицу:

Наименование индикатора	Зона прохождения индикатора, x , см	Зона прохождения растворителя x_f , см	R'_f	R_f
Тимоловый синий				0,89
Бромтимоловый синий				0,82
Метиловый красный				0,58

Фенолфталеин				0,42
--------------	--	--	--	------

Примечание: Смесь растворителей готовят следующим образом. Смешивают 40 % (объемных) бутанола, 10 % (объемных) этанола и 50 % (объемных) дистиллированной воды, взбалтывают в делительной воронке в течение 20 минут и дают отстояться. Для хроматографирования используется нижний слой.

Опыт 3. Разделение ионов меди (II) и железа (III) методом радиальной бумажной хроматографии

Принадлежности к опыту:

1. Смесь растворов FeCl_3 и CuSO_4 с массовой долей, равной 2 %.
2. Раствор $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с массовой долей 0,1 %.
3. Диски фильтровальной бумаги.
4. Чашки Петри.
5. Дистиллированная вода.

На диске фильтровальной бумаги вырезают фитиль длиной 2 см, шириной 0,5-1 см и отгибают его. На месте отгиба с помощью пипетки наносят каплю смеси растворов FeCl_3 и CuSO_4 . Далее в чашку Петри наливают небольшое количество дистиллированной воды и помещают диск фильтровальной бумаги так, чтобы фитиль оказался погруженным в воду. Через 15-20 минут, когда вода поднимется по фитилю и пропитает почти весь бумажный диск, его вынимают из чашки и обрабатывают раствором желтой кровяной соли $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. В результате ионы меди образуют нерастворимую железосинеродистую медь кирпично-красного цвета, а ионы железа - берлинскую лазурь. На фильтровальной бумаге появятся два соответственно окрашенных кольца.

Опыт 4. Хроматографическое разделение ионов $\text{Fe}(\text{III})$, $\text{Cu}(\text{II})$, $\text{Co}(\text{II})$ на колонке

Принадлежности к опыту:

1. Растворы FeCl_3 , CoCl_2 и CuCl_2 с массовой долей, равной 0,1 %.
2. Хроматографическая колонка (длина 10-15 см, диаметр 0,8 см).
3. Прокаленный оксид алюминия.

Через хроматографическую колонку с сухим оксидом алюминия (высота столба 5 см, диаметр 0,8 см) пропускают 3 мл раствора, содержащего равные объемы растворов FeCl_3 , CoCl_2 и CuCl_2 . Через какое-то время на колонке адсорбента появляются кольца различной окраски: желтое (Fe^{3+}), голубое (Cu^{2+}) и розовое (Co^{2+}). Полученную хроматограмму зарисовать в тетради, и сделать соответствующие выводы.

Опыт 5. Разделение смеси красителей методом тонкослойной хроматографии

Принадлежности к опыту:

1. Пластинки Силуфол.
2. Смесь красителей (азобензол, диметиламиноазобензол, судан II, метиловый красный, бриллиантовый зеленый).
3. Хлороформ.
4. Капилляры.
5. Чашки Петри.

На прямоугольную пластинку Силуфол (оксид кремния, закрепленный на алюминиевой фольге) наносят одну каплю раствора смеси красителей с помощью капилляра на расстоянии 0,5 см от нижнего края пластинки. Диаметр пятна не должен превышать 2-3 мм. Пластинка высушивается, предварительно отметив центр пятна, и помещается в камеру для хроматографирования (для этих целей можно использовать две чашки Петри), таким образом, чтобы нижний край пластинки едва касался хлороформа. Приблизительно через 5 минут пластинка вынимается, отмечают центры пятен красителей и рассчитывают факторы удержания R_f .

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация и анализ экспериментальных наблюдений, обработка полученных данных.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Разделение смеси лекарственных веществ методами хроматографии”.
3. Решение задач по теме: „Физико-химия поверхностных явлений. Хроматография и ее применение”.

Тема: Мицеллярные коллоидные растворы и их электрокинетические свойства. Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза

Значение изучаемой темы

Электрокинетические явления имеют широкое практическое применение. Макроэлектрофорез позволяет выделять и исследовать отдельные фракции белков плазмы крови, что активно используется в диагностике различных заболеваний. Электрофореграммы плазмы крови в норме обычно одинаковы для всех людей, но при наличии патологий они приобретают характерные и специфические для каждого заболевания особенности. Таким образом, электрофореграммы успешно применяются как для диагностики, так и для мониторинга заболевания и нормализации белкового состава крови.

Метод электрофореза находит широкое применение для разделения аминокислот, антибиотиков, ферментов, антител и других веществ. Электрофорез также применяется в технике для электроосаждения частиц золь, суспензий и эмульсий. Этот метод позволяет получать равномерные и прочные покрытия на металлах, используемых в качестве электродов, погружённых в суспензию. Он применяется, например, для создания декоративных и антикоррозионных покрытий, а также электроизоляционных плёнок. Кроме того, электрофорез применяется для нанесения тонких слоев каучука из латекса на различные изделия. Метод электрофореза широко используется для борьбы с дымом и пылью, а также для улавливания ценных производственных отходов в заводских трубах.

Методы электроосмоса используются в фильтр-прессах для обезвоживания пористых материалов, таких как торф, и для пропитки других пористых материалов, например, древесины. В последнее время электроосмос также применяется для снижения уровня грунтовых вод и осушения грунтов, особенно глинистых, при строительстве магистралей и гидроэлектростанций. Электро-

осмос используется также при производстве кирпича для смачивания проволоки, используемой для резки глиняных заготовок.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:
 - а) о строении двойного электрического слоя;
 - б) о строении коллоидных мицелл;
 - в) об электрокинетических явлениях;
 - г) о практическом применении электрофоретического и электроосмотического методов.
2. Уметь применять приобретенные знания по данной теме для решения задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) определять величину электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза.

Исходный уровень знаний

1. Понятие о мицеллярном строении коллоидных растворов.
2. Адсорбция сильных электролитов. Правило Пескова-Фаянса.
3. Методы получения и очистки коллоидных растворов.

Задание на дом

1. повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. одготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Мицеллярные коллоидные растворы и их электрокинетические свойства”.
3. своить алгоритмы решенных задач из методического пособия к решению задач по коллоидной химии ч. 1 стр. 4, 60 - 52.
4. амостоятельно решить задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 1, № 2, 3, 4, 6, 13 стр. 4 - 6, № 1, 2, 7, 10 стр. 52 - 54.

5.

своить методику выполнения лабораторной работы: „Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза”.

Контрольные вопросы

1. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос. Потенциал протекания (эффект Квинке) и потенциал седиментации (эффект Дорна).
2. Механизм возникновения электрического заряда коллоидных частиц.
3. Строение двойного электрического слоя. Теории Гельмгольца-Перена, Гуи-Чемпена, Штерна-Фрумкина.
4. Строение коллоидной мицеллы (мицелла, агрегат, ядро, коллоидная частица (гранула)). Написать мицеллярные формулы зольей: йодида серебра, гидроксида железа (III), серебра, золота, серы, оксида кремния (IV), As_2S_3 , берлинской лазури, железосинеродистой меди.
5. Электротермодинамический (φ) и электрокинетический (ξ -дзета) потенциалы коллоидной частицы.
6. Влияние электролитов на величину электрокинетического потенциала.
7. Явление перезарядки коллоидных частиц.
8. Связь электрофоретической скорости передвижения коллоидных частиц с величиной их электрокинетического потенциала (уравнение Гельмгольца-Смолуховского).
9. Электрофоретическая подвижность. Электрофоретические методы исследования в биологии, медицине и фармации.
10. Электроосмос. Электроосмотический метод измерения электрокинетического потенциала. Практическое применение электроосмоса.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается опыт Рейса?
2. Какое явление называют электрофорезом?

3. Какое явление называют электроосмосом?
4. Что такое потенциал седиментации и потенциал протекания?
5. Рассмотрите причины возникновения двойного электрического слоя на границе раздела твердое тело-жидкость.
6. Покажите строение двойного электрического слоя согласно теории Гельмгольца-Перена и перечислите недостатки этой теории.
7. Изобразите строение двойного электрического слоя согласно теории Гуи-Чепмена и перечислите недостатки этой теории.
8. Изобразите строение двойного электрического слоя согласно теории Штерна-Фрумкина.
9. Объясните механизм образования мицелл в золях на каком-либо примере.
10. Напишите мицеллярные формулы следующих гидрозолей: иодида серебра, гидроксида железа (III), серебра, золота, серы, оксида кремния (IV), сульфида мышьяка (III), сульфида ртути (III), берлинской лазури, железосинеродистой меди и др., исходя из методов их получения.
11. Какое строение имеет двойной электрический слой мицеллы?
12. Напишите формулу мицеллы и назовите все ее составные части.
13. Что такое электротермодинамический (ϕ) и электрокинетический (ξ) потенциалы? Объясните их, исходя из структуры двойного электрического слоя.
14. Что такое граница скольжения и дзета-потенциал двойного электрического слоя, возникающего на границе твердое тело-жидкость?
15. Что такое электрофоретическая подвижность?
16. Напишите формулу, связывающую электрофоретическую скорость коллоидных частиц с величиной электрокинетического потенциала.
17. Каково значение электрофоретических методов исследования в биологии, медицине и фармации.
18. Объясните принцип электроосмотического метода измерения электрокинетического потенциала.

19. Каково практическое применение электроосмоса?
20. При каких условиях направленное движение коллоидных частиц в электрическом поле отсутствует?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза

Принадлежности к работе:

1. U - образная трубка с электродами.
2. Аппарат для электрофореза.
3. Секундомер.
4. Золя гидроксида железа (III).
5. Капилляры.

Экспериментальная часть

Электрофоретическая подвижность частиц дисперсной фазы определяется величиной электрокинетического потенциала.

Для определения знака заряда частиц и величины электрокинетического потенциала (ξ) в U - образную трубку наливают больше половины золя гидроксида железа (III). К задней стенке трубки прикрепляют полоску миллиметровой бумаги для наблюдения перемещения границы. Сверху осторожно, при помощи капилляра (для получения резкой границы между слоем золя и раствором), наливают разбавленный раствор электролита, не коагулирующий золю, так называемую боковую жидкость. В раствор электролита погружают медные электроды и включают постоянный ток напряжением 60-80 В. Записывают направление движения границы раздела и измеряют время в секундах, за которое граница переместится на 10^{-2} м. Расчет ξ - потенциала ведется по формуле:

$$\xi = \frac{\eta U}{\varepsilon \varepsilon_0} = \frac{\eta \mathcal{G}}{\varepsilon \varepsilon_0 H}$$

где ε - диэлектрическая проницаемость среды,

ε_0 - электрическая постоянная, равная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м,

H - градиент внешнего поля (В/м),

η - вязкость среды ($\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$).

Электрофоретическая подвижность, U , показывает путь, пройденный частицей за 1 с при градиенте потенциала в 1 В/м. Скорость передвижения границы золя связана с электрофоретической подвижностью U , следующим соотношением:

$$U = \frac{\mathcal{G}}{H} = \mathcal{G} \frac{l}{E} = \frac{Sl}{\tau E},$$

где E - разность потенциалов между электродами, (В);

l - расстояние между электродами (м);

τ - время, в течение которого граница золя пройдет путь, равный S (м).

Данные заносят в таблицу:

Время передвижения границы на 10^{-2} м, τ , с	Напряжение E , В	Расстояние между электродами l , м	Градиент потенциала, H , В/м	Электрофоретическая подвижность, $U \cdot 10^7$, $\text{м}^2/\text{с} \cdot \text{В}$	Знак заряда коллоидных частиц	Величина электрокинетического потенциала, ξ , В

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация и анализ экспериментальных наблюдений, обработка полученных данных.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза”.
3. Решение задач по теме: „Мицеллярные коллоидные растворы и их электрокинетические свойства. Определение электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза”.

Лабораторно-практическое занятие № 8

Тема: Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Определение порога коагуляции зелей

Значение изучаемой темы

Процесс увеличения размеров коллоидных частиц в золях под воздействием внешних факторов называется коагуляцией. Процесс коагуляции всегда сопровождается уменьшением степени дисперсности и обусловлен агрегативной неустойчивостью коллоидных систем. Явления коагуляции проявляются, например, в процессе свертывания крови. Свертывание крови выполняет в организме две противоположные функции: минимизирует потерю крови и приводит к образованию тромбов в кровеносной системе. Свертывание крови – очень сложный ферментативный процесс. Вероятно, коагуляционным этапом этого процесса является образование тромбина, который, воздействуя на фибриноген, инициирует образование нитей фибрина, формируя тромбоцитарно-фибриновый сгусток, известный как физиологический тромб.

Природу процесса свертывания крови важно учитывать при её консервировании. Поскольку ионы кальция являются одним из факторов, влияющих на свертывание крови, их удаляют из крови, предназначенной для консервирования, различными методами.

Коагуляционные процессы также играют важную роль в природе и используются в различных технологических процессах. Например, при впадении крупных рек в море формируется плодородная дельта. Речная вода содержит коллоидные частицы, такие как ил, глина и почва. При смешивании речной воды с соленой морской водой начинается коагуляция этих частиц. Уменьшение скорости течения воды способствует оседанию агрегатов коллоидных частиц в устье рек, образуя мели и острова.

Коагуляцию широко используют при очистке воды, предназначенной для водопроводной сети. В сточных водах ряда производств содержатся коллоидные растворы (эмульсии) нефтепродуктов. Эти эмульсии разрушают в процессе обработки сточных вод с помощью солей щелочноземельных металлов.

В сахарной промышленности коагуляционные процессы играют важную роль при очистке диффузионного сока сахарной свеклы. В состав диффузионного сока, помимо сахарозы и воды, входят несахаристые вещества, часто находящиеся в коллоидно-дисперсном состоянии. Для удаления этих веществ из диффузионного сока добавляют оксид кальция с массовой долей 2,0-2,5 %. В результате этого процесса часть несахаров, находящихся в коллоидном состоянии, коагулируется.

Примером практического применения защитного действия полимеров могут служить лекарственные бактерицидные препараты, такие как протаргол и колларгол. Эти препараты представляют собой гидрозоли серебра, защищенные белками.

Цель изучения темы:

1. Получить знания в следующих областях:
 - а) Устойчивость дисперсных систем;
 - б) Процессы коагуляции и факторы, их вызывающие;
 - в) Теории, объясняющие механизм коагуляции;
2. Уметь применять усвоенные знания по данной теме для решения задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) проводить процесс коагуляции;
- б) вычислять значения порогов коагуляции и проверять справедливость правила Шульце-Гарди.

Исходный уровень знаний

1. Строение двойного электрического слоя.
2. Электрокинетический потенциал коллоидной частицы.
3. Влияние электролитов на величину электрокинетического потенциала.
4. Строение коллоидных мицелл.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.

2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Устойчивость и коагуляция дисперсных систем”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, стр. 4 -8.
4. Самостоятельно решить задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, № 1, 2, 4, 6, 7, 10, 13 стр. 8-11.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Определение порога коагуляции зелей”.

Контрольные вопросы

1. Изучение коагуляции. Принципы и факторы, влияющие на этот процесс.
2. Кинетическая и агрегативная устойчивость коллоидных растворов.
3. Факторы устойчивости коллоидных растворов.
4. Медленная и быстрая коагуляция.
5. Теория коагуляции Смолуховского.
6. Порог коагуляции и его определение.
7. Правило Шульце-Гарди.
8. Явление привыкания зелей.
9. Чередование зон коагуляции. Пептизация.
10. Коагуляция зелей смесями электролитов.
11. Адсорбционная теория коагуляции.
12. Теория коагуляции Ландау-Дерягина.
13. Коллоидная защита.
14. Взаимная коагуляция коллоидов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что означает термин „агрегативная устойчивость”?
2. Что следует понимать под термином „кинетическая устойчивость”?
3. Как связаны между собой агрегативная устойчивость и дзета-потенциал?
4. Что такое коагуляция? Какие факторы могут вызвать коагуляцию зелей?
5. Что такое расклинивающее давление и каковы его причины?

6. В чем проявляется адсорбционно-сольватный и структурно-механический факторы устойчивости лиофобных дисперсных систем?
7. Что называется, порогом коагуляции? Как зависит порог коагуляции от заряда иона электролита?
8. Что такое скрытая коагуляция? Чем она отличается от явной коагуляции?
9. Что такое медленная коагуляция? Чем она отличается от быстрой коагуляции?
10. Объясните основы теории ДЛФО (Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека) коагуляции золей электролитами.
11. Как изменяется сила взаимодействия между частицами дисперсной фазы в зависимости от расстояния между ними согласно теории ДЛФО?
12. Какое ограничение принято в теории коагуляции Смолуховского и в чем особенность этой теории?
13. Что такое время половинной коагуляции и константа скорости коагуляции? Как они определяются?
14. Объясните основы адсорбционной теории коагуляции.
15. Сформулируйте правило Шульце-Гарди.
16. В чем особенность коагуляции смесью электролитов? Что такое аддитивность, антагонизм и синергизм?
17. В чем заключается принцип коллоидной защиты?
18. В чем проявляются особенности использования поверхностно-активных веществ в качестве стабилизаторов дисперсных систем?
19. В чем заключается явление привыкания золей?
20. В чем заключается явление взаимной коагуляции коллоидов?
21. В чем особенности коагуляции в результате:
 - механического воздействия;
 - влияния электрического поля;
 - изменения концентрации частиц золя;
 - нагревания;
 - охлаждения.

22. Какими способами осуществляется очистка воды и воздуха от дисперсных частиц, и каково значение этих методов для охраны окружающей среды?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение порога коагуляции золей

Экспериментальная часть

Опыт 1. Определение знака заряда коллоидных частиц (золей) капиллярным методом

Принадлежности к опыту:

1. Золи гидроксида железа (III) и берлинской лазури.
2. Стаканчики - 2 шт.
3. Фильтровальная бумага.

Знак заряда коллоидных частиц может быть определен методом электрофореза или электроосмоса, а для окрашенных золей можно применить метод капиллярного анализа, используя зависимость адсорбируемости золя от знака заряда поверхности адсорбента. В данном случае, в качестве заряженной поверхности могут выступать поверхность капилляров фильтровальной бумаги. При погружении фильтровальной бумаги в воду целлюлозные стенки капилляров заряжаются отрицательно, а вода, прилегающая к ним, – положительно. Это приводит к поднятию воды по капиллярам бумаги за счет сил поверхностного натяжения.

Если в воде присутствуют заряженные коллоидные частицы, то их передвижение вверх по капиллярам возможно только в том случае, если они обладают отрицательным зарядом и не притягиваются к стенкам капилляров. Если частицы заряжены положительно, то они будут притягиваться к стенкам капилляров, что сделает их подъем по капиллярам невозможным.

Окрашенные золи гидроксида железа и берлинской лазури наливают примерно по 10 мл в маленькие стаканчики и опускают в каждый полоску фильтровальной бумаги (1×10 см). Верхний конец бумажной полоски закрепляют в отверстии картонной крышки. Важно следить, чтобы полоска бумаги не касалась стенок стакана. Через 3-5 минут сравнивают высоту поднятия воды и коллоидных частиц гидроксида железа и берлинской лазури. На основании полученных результатов делают вывод о знаке заряда коллоидных частиц этих зольей.

Опыт 2. Определение порога коагуляции золя гидроксида железа (III)

Принадлежности к опыту:

1. Золь гидроксида железа (III).
2. Пробирки - 19 шт.
3. Бюретки на 25 мл - 4 шт.
4. Пипетки на 5 мл - 4 шт.

Для определения порога коагуляции золя гидроксида железа (III) готовят растворы электролитов с убывающей концентрацией. Для этого берут три ряда пробирок по шесть штук. В определенную пробирку каждого ряда наливают из бюретки заданный объем дистиллированной воды и растворы электролитов в соответствии с табл. 1. Первый ряд - KCl, второй ряд - K₂SO₄ и третий ряд - K₃[Fe(CN)₆]. Растворы электролитов отмеряют пипеткой.

Таблица 1

№	Коагулятор		Коагулирующий ион	Порог коагуляции, моль/л	Коагулирующая способность, P(x), л/моль	Номер пробирки					
	Электролит	Концентрация с(x), моль/л				1	2	3	4	5	6
1	KCl	3									
2	K ₂ SO ₄	0,005									
3	K ₃ [Fe(CN) ₆]	0,0005									
Объем дистиллированной воды						0	1	2	3	4	4,5
Объем раствора электролита						5	4	3	2	1	0,5
Объем золя гидроксида железа (III)						5	5	5	5	5	5

В каждую пробирку другого ряда, из бюретки добавляют по 5 мл золя гидроксида железа (III). Одновременно смешивают коллоидный раствор гидроксида железа (III) с раствором электролита, записывают время начала опыта и оставляют на 30 минут для прохождения явной коагуляции.

За это время готовят контрольный раствор смешиванием 5 мл дистиллированной воды с 5 мл исходного золя гидроксида железа (III). Коагуляцию отмечают, сравнивая контрольную и исследуемую пробирки в проходящем свете.

В таблице 1 отмечают коагуляцию знаком „+”, отсутствие коагуляции знаком „-”.

Значение порога коагуляции (в моль/л) вычисляют по уравнению:

$$PC = \frac{c(x) \cdot V}{W + V_1}$$

где: $c(x)$ - концентрация электролита, моль/л;

V - наименьший объем раствора электролита, достаточный для коагуляции, л;

V_1 - объем электролита с учетом разбавления, л;

W - объем золя, взятого для коагуляции, л.

В таблице указать коагулирующие ионы. Найти соотношение порогов коагуляции и сопоставить полученные данные с правилом Шульце-Гарди. Коагулирующую способность электролитов рассчитать по формуле:

$$P(X) = \frac{1}{PC}$$

Опыт 3. Взаимная коагуляция зольей

Принадлежности к опыту:

1. Золь гидроксида железа (III) с положительно заряженными частицами;
2. Золь берлинской лазури с отрицательно заряженными частицами;

В пяти пробирках смешивают золи гидроксида железа (III) с берлинской лазурью в количествах, указанных в таблице 2.

Таблица 2

№	Объем золя гидроксида железа (III), мл	Объем золя берлинской лазури, мл	Степень коагуляции	Окраска жидкости над осадком
1.	4,5	0,5		
2.	4,0	1,0		
3.	2,5	2,5		
4.	1,0	4,0		
5.	0,5	4,5		

Через 30 минут записать в таблицу цвет жидкости над осадком и степень коагуляции, используя шкалу от одного плюса до пяти плюсов, где пять плюсов означает высшую степень коагуляции.

Опыт 4. Защитное действие желатина

Принадлежности к опыту:

1. Золь берлинской лазури с отрицательно заряженными частицами.
2. 0,5 % раствор желатина.
3. Раствор $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ с молярной концентрацией 0,02 моль/л.

В две пробирки наливают по 5 мл коллоидного раствора берлинской лазури, затем в первую вносят 1 мл дистиллированной воды, а во вторую - 1 мл свежеприготовленного 0,5 %- ного раствора желатина и перемешивают. В обе пробирки наливают по 1 мл раствора $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ с концентрацией 0,02 моль/л, взбалтывают и через некоторое время описывают и объясняют наблюдаемое явление.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, написание химических реакций для соответствующих опытов, составление мицеллярных формул исследуемых золь.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение порога коагуляции золь”.
3. Решение задач по теме: „Устойчивость и коагуляция дисперсных систем. Определение порога коагуляции золь”.

Лабораторно-практическое занятие № 9

Тема: Грубодисперсные системы. Получение и свойства эмульсий

Значение изучаемой темы

Аэрозоли имеют важное практическое значение и широко используются в промышленном производстве и во многих сферах народного хозяйства. Однако спонтанно образующиеся аэрозоли в большинстве случаев являются нежелательными.

В медицине аэрозоли применяются для введения лекарственных препаратов непосредственно в легкие через дыхательные пути. Здесь они легко всасываются и быстро поступают в кровь. Некоторые лекарственные вещества используются в виде аэрозолей для лечения ран и при поражениях кожных покровов. Например, успешно применяются такие аэрозоли для быстрого обезболивания и лечения солнечных ожогов, таких как Пантенол и Де-пантол.

Аэрозоли широко используются для борьбы с вредными насекомыми и опыления лесов и полей. Также аэрозоли применяются для защиты фруктовых садов от внезапных заморозков. Аэрозоль воды используется для тушения пожаров нефти, газа и керосина.

Однако, иногда аэрозоли могут причинять вред народному хозяйству. Во многих производствах вместе с дымом в атмосферу выбрасываются огромные количества вредных веществ, которые загрязняют окрестности, уничтожают растительность и негативно влияют на здоровье людей. Даже химически инертные вещества в виде аэрозолей могут вызвать ряд заболеваний легких.

Суспензии занимают значительное место среди жидких лекарственных форм. Самую обширную группу всех используемых суспензий составляют суспензии для внутреннего применения, в состав которых входят лекарственные препараты, относящиеся ко многим фармакотерапевтическим группам. К преимуществам суспензий можно отнести возможность получать лекарственные препараты пролонгированного действия (создавать депо лекарственных веществ), регулировать продолжительность их действия путем

изменения величины частиц лекарственного средства, а также возможность одновременного использования лекарственных веществ как растворимых, так и нерастворимых в дисперсионной среде

В настоящее время фармацевтические эмульсии привлекают все более пристальное внимание специалистов, так как они нашли широкое применение в медицинской практике. Эмульсионные системы встречаются не только в составе жидких лекарственных форм для внутреннего или наружного применения, но и в составе мазей, суппозиториев, инъекций и других лекарств. Перспективы использования эмульсий в медицине обусловлены их способностью совмещать несмешивающиеся жидкости, маскировать неприятный вкус, регулировать биодоступность лекарственных веществ, а также устранять раздражающее действие на кожу и слизистые, что характерно для некоторых лекарственных препаратов.

Эмульсии широко применяются в различных отраслях промышленности, включая пищевую, лакокрасочную, фармацевтическую и другие. Например, молоко и яичный белок являются примерами эмульсий типа м/в. Усвоение жиров в организме происходит благодаря их эмульгированию под влиянием желчи. Также, млечный сок каучуковых деревьев (латекс) представляет собой эмульсию.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:
 - а) о методах получения и общих свойствах аэрозолей, порошков, суспензий и эмульсий;
 - б) об устойчивости аэрозолей, порошков, суспензий и эмульсий и о методах нарушения устойчивости аэрозолей и эмульсий.
2. Уметь применять приобретенные знания по данной теме для решения ситуационных задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) получать устойчивые эмульсии различного типа;
- б) определять тип эмульсии;

в) проводить обращение фаз эмульсий.

Исходный уровень знаний

1. Кинетическая и агрегативная устойчивость.
2. Поверхностно-активные вещества.
3. Молекулярно-кинетические свойства зольей.
4. Методы получения дисперсных систем.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Грубодисперсные системы”.
3. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Получение и свойства эмульсий”.

Контрольные вопросы

1. Классификация и получение аэрозолей.
2. Молекулярно-кинетические и электрические свойства аэрозолей.
3. Агрегативная устойчивость и факторы ее определяющие. Разрушение аэрозолей.
4. Применение аэрозолей в фармации.
5. Порошки и их свойства. Слеживаемость, гранулирование и распыляемость порошков.
6. Получение и общие свойства суспензий. Устойчивость суспензий и ее нарушение. Флокуляция. Пасты.
7. Эмульсии. Методы получения и их свойства.
8. Типы эмульсий. Эмульгаторы и механизм их действия. Обращение фаз эмульсий.
9. Устойчивость эмульсий и ее нарушение. Коалесценция.
10. Применение суспензий и эмульсий в фармации.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие методы получения дисперсных систем существуют?
2. Чем отличаются микрогетерогенные дисперсные системы от коллоидных систем?
3. Охарактеризуйте аэрозоли как дисперсные системы типа Т/Г и

- Ж/Г. К каким системам относятся дым, туман, смог, аэрозольная пена?
4. Какие методы получения аэрозолей вы знаете? Приведите примеры аэрозолей, применяемых в фармации.
 5. В чем особенности седиментационно-агрегативной устойчивости аэрозолей?
 6. Укажите причины перемещения аэрозолей в воздушном потоке и осаждения аэрозолей на твердых поверхностях.
 7. Укажите причины электризации и взрывоопасности аэрозолей, в том числе мучной и сахарной пыли.
 8. Что такое предельно допустимая концентрация аэрозолей?
 9. Какие существуют методы разрушения аэрозолей?
 10. Чем отличается процесс светорассеяния в аэрозолях по сравнению с лиофобными коллоидами?
 11. Какие специфические процессы, связанные с их кинетическими свойствами, характерны для аэрозолей?
 12. Какие дисперсные системы называются порошками, чем они отличаются от аэрозолей?
 13. Как перевести порошок в аэрозольное состояние? Что такое псевдожидкое состояние?
 14. Назовите методы получения порошков.
 15. Что представляет собой процесс гранулирования, и при каких условиях он возникает?
 16. Какие существуют методы анализа дисперсности порошков?
 17. Что такое слеживаемость и распыляемость порошков, и от каких факторов они зависят?
 18. Что называется суспензией?
 19. От чего зависит агрегативная и кинетическая устойчивость суспензий?
 20. Назовите основные свойства суспензий.
 21. В чем заключается явление флокуляции, и чем оно обусловлено?
 22. Что такое флотация? Объясните принцип, особенности и применение флотации.

23. Назовите общие черты и различия зелей и суспензий как дисперсные системы типа Т/Ж.
24. Как можно увеличить агрегативную устойчивость суспензий?
25. В чем суть перехода суспензии в пасту? Приведите примеры фармацевтических паст.
26. Какие дисперсные системы называются эмульсиями. Какие типы эмульсий существуют?
27. Какие методы получения эмульсий вы знаете? Приведите примеры.
28. Приведите классификацию эмульсий в зависимости от концентрации дисперсной фазы.
29. Какие факторы агрегативной устойчивости характерны для эмульсий?
30. Что такое коалесценция и гомогенизация?
31. Какие методы стабилизации эмульсий вы знаете?
32. Какими свойствами должен обладать эмульгатор?
33. Как можно определить тип эмульсии?
34. Что такое прямые и обратные эмульсии? Как осуществляется обращение фаз эмульсий?
35. Что такое эмульсии для внутреннего и наружного применения? Приведите примеры.
36. Как связана устойчивость эмульсий с величиной межфазного поверхностного натяжения?
37. По каким признакам производят подбор ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий, и что такое гидрофильно - липофильный баланс?
38. В чем заключается принцип подбора и механизм действия высокодисперсных порошков для стабилизации эмульсий?
39. Какими способами осуществляется разрушение эмульсий (деэмульгирование)?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов.

2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Получение и свойства эмульсий

Принадлежности к работе:

1. Бензол, толуол, подсолнечное масло.
2. Водный раствор олеата натрия с массовой долей 2 %.
3. Судан III, метиленовый синий, анилиновый краситель.
4. Раствор $MgCl_2$ или $CaCl_2$ с массовой долей равной 20 %.
5. Раствор соляной кислоты с молярной концентрацией 1 моль/л.
6. Микроскоп.
7. Пробирки.
8. Пипетки.

Экспериментальная часть

Опыт 1: Получение эмульсий методом диспергирования и определение типа эмульсии

ВНИМАНИЕ! Используемые в данной работе органические красители и масла могут оставить на одежде трудноудаляемые пятна, поэтому при работе с ними следует работать в перчатках и соблюдать осторожность.

В две чистые пробирки наливают по 3 мл масла. В качестве неполярной жидкости можно использовать бензол, толуол или подсолнечное масло. В первую пробирку добавляют 3 мл дистиллированной воды, во вторую — 3 мл водного раствора олеата натрия с массовой долей 2 %. Чтобы определить, какая жидкость составляет дисперсную фазу, в пробирки вводят небольшое количество красящих веществ, растворимых либо в воде, либо в масле. Судан III, краситель, растворимый в масле, окрашивает только масло в красный цвет. При отсутствии красителя Судан III, хорошо растворимого в неполярных жидкостях, используют метиленовый синий, который окрашивает воду в синий цвет и нерастворим в неполярных жидкостях.

Пробирки плотно закрывают чистыми корковыми пробками и энергично встряхивают до получения эмульсий (3-5 мин).

Сравнивают устойчивость эмульсий в первой и второй пробирках.

Опыт 2: Определение типа эмульсий

Для определения типа эмульсии, стабилизированной олеатом натрия, каплю эмульсии помещают на предметное стекло и, рассматривая в микроскоп, определяют, что окрашено – дисперсионная среда или дисперсная фаза. Учитывая, какой использован краситель (судан III, окрашивающий неполярные жидкости, или метиленовый синий, окрашивающий воду и нерастворимый в неполярных жидкостях), делается вывод о типе эмульсии и роли эмульгатора. Зарисовывается микроскопическая картина эмульсии. Приводится схема строения слоя эмульгатора на поверхности капель эмульсии типа м/в и в/м.

Для определения типа эмульсии можно воспользоваться другим методом. Глазной пипеткой с диаметром капилляра 1 мм переносят по капле эмульсии на предварительно обезжиренную поверхность стекла и на пластинку, покрытую ровным плотным слоем парафина. Отрыв капли необходимо осуществить лёгким прикосновением нижнего края капли к поверхности. На стекле капля растекается в том случае, если эмульсия – первого типа, т.е. дисперсионная среда – вода. Капли этой эмульсии на поверхности парафина сохраняют сферическую форму. И, наоборот, на поверхности парафина будет растекаться капля эмульсии второго типа, т.е. у которой дисперсионной средой является масло, а на поверхности стекла она будет сохранять сферическую форму.

Опыт 3: Обращение фаз эмульсий

Половину эмульсии, стабилизированной олеатом натрия (из первого опыта), переносят в чистую пробирку и добавляют при встряхивании, по каплям, 0,5 мл раствора хлорида магния с массовой долей 20 % (вместо него можно использовать раствор соли кальция или бария). Тщательно встряхивают до образования устойчивой эмульсии. Определяют тип эмульсии одним из методов, указанных выше.

Опыт 4: Разрушение эмульсии химическим путём

В другую половину эмульсии, оставшуюся в пробирке (опыт 1), добавляют по каплям при встряхивании раствор соляной кислоты с молярной концентрацией 1 моль/л. Эмульсия становится менее стабильной, возможно, вы увидите расслоение жидкости на масло и водную фазу. Таким образом, при добавлении соляной кислоты происходит разрушение эмульсии из-за снижения эффективности стабилизатора олеата натрия в кислой среде.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, написание химических реакций для соответствующих опытов.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: Получение и свойства эмульсий.
3. Решение задач по теме: „Грубодисперсные системы. Получение и свойства эмульсий”.

Лабораторно-практическое занятие № 10

**Тема: Коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ).
Определение критической концентрации мицеллообразования
растворов олеата натрия методом Ребиндера**

Значение изучаемой темы

В настоящее время коллоидные поверхностно-активные вещества (ПАВ) нашли применение в различных отраслях промышленности: от стирки и обработки тканей до использования в качестве диспергаторов твердых веществ и эмульгаторов в производстве фармацевтических и косметических препаратов. Одним из наиболее важных свойств растворов коллоидных ПАВ является их моющее действие.

В последнее время они начинают находить возрастающее применение в биологических исследованиях, например, при деструкции биологических мембран. Явление соллюбилизации лежит в основе самопроизвольного эмульгирования жиров желчью в процессе их усвоения организмом. Обратная соллюбилизация встречается в маргариновом производстве.

Однако негативным аспектом синтетических ПАВ в качестве моющих средств в быту и промышленности является их стойкость к биологическому разложению. При попадании моющих ПАВ в воду или почву они загрязняют окружающую среду.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) о коллоидных поверхностно-активных веществах, их свойствах и применении.
- б) о процессе солюбилизации и его значении.
- в) о методах определения критической концентрации мицеллообразования и его значении.

2. Уметь применять приобретенные знания по данной теме для решения задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) определять поверхностное натяжение растворов методом Ребиндера;
- б) определять критическую концентрацию мицеллообразования в коллоидных растворах ПАВ.

Исходный уровень знаний

1. Поверхностно-активные вещества и их свойства.
2. Методы определения поверхностного натяжения.
3. Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний по контрольным вопросам из методических указаний к лабораторно-практическим занятиям № 24, 25.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Коллоидные поверхностно-активные вещества”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач на данную тему из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, стр. 19-20.
4. Самостоятельно решить задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 2 №1, 3, 5, 6 стр. 20-22.

5. Повторить методику определения поверхностного натяжения методом Ребиндера (см. методическое указание к лабораторно-практическому занятию № 3).

Контрольные вопросы

1. На какие группы и по какому признаку разделяют коллоидные поверхностно-активные вещества? Приведите примеры.
2. Чем обусловлены особенности поведения растворов коллоидных поверхностно-активных веществ?
3. Как зависит поверхностное натяжение растворов коллоидных ПАВ от их концентрации?
4. Как можно изменить равновесие в растворах коллоидных ПАВ?
5. Что представляет собой критическая концентрация мицеллообразования и как ее можно определить экспериментально?
6. Как определить ККМ по кривой зависимости эквивалентной электрической проводимости раствора ПАВ от концентрации?
7. Каково строение мицелл коллоидных ПАВ в водных растворах невысоких концентраций?
8. При каких условиях возможно образование двойного электрического слоя в мицеллах коллоидных ПАВ?
9. Чем обусловлена устойчивость растворов коллоидных систем?
10. Что такое солубилизация или коллоидная растворимость? Опишите характер явлений, происходящих при солубилизации.
11. Как зависит вязкость растворов коллоидных ПАВ от их концентрации?
12. Какое строение имеют мицеллы коллоидных ПАВ в неполярной дисперсионной среде?
13. Что представляют собой моющие средства, и какие процессы лежат в их основе?
14. Существуют ли ограничения для применения ПАВ в качестве моющих средств?
15. Каково значение коллоидных ПАВ в фармации?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторно-практическое занятие № 11

Тема: Высокомолекулярные соединения (ВМС) и их взаимодействие с растворителями. Исследование кинетики набухания ВМС объемным методом

Значение изучаемой темы

За последние десятилетия химия высокомолекулярных соединений развивалась исключительно быстрыми темпами, и современная жизнь, пожалуй, даже не мыслится без искусственных волокон, пластмасс, синтетического каучука и широчайшей гаммы других продуктов полимерной химии. По всем предпосылкам, потребность в таких материалах никоим образом не будет снижаться.

Полимеры уже прочно вошли в современную медицину и успешно используются в различных областях, например, в качестве медикаментов, материалов для производства аппаратуры и инструментария, предметов санитарии и гигиены, материалов стоматологического назначения и, наконец, для изготовления искусственных органов человеческого тела.

Высокомолекулярные вещества настолько глубоко внедрились в современную практику, что отсутствие их поставило бы всю медицинскую науку перед серьезными затруднениями. Понятно, что наиболее значимые из полимерных материалов те, что могут быть использованы в фармации и медицине в качестве лекарств и для протезирования частей тела и внутренних органов.

Набухание имеет большое значение не только в природе и жизнедеятельности человека, но также во многих производствах. Физиологические процессы, такие как сокращение мышц и образование опухолей, часто основаны на явлении набухания.

Способность кожи и волокнистых материалов растягиваться при набухании и сокращаться при высыхании широко используется в кожгалантерейном производстве, при изготовлении обуви, одежды и других изделий.

В производстве клеевых веществ (столярного клея, гуммиарабика, крахмального клейстера) явление набухания также играет ключевую роль. Кулинарная обработка многих продуктов питания, таких как мука, крупы, овощи, мясо и др., сводится в основном к процессу набухания. Процесс прорастания зерна всегда предшествует его набуханию, то есть увеличению его объема после смачивания.

В молодых, растущих организмах, все процессы обмена происходят особенно интенсивно, и содержание воды в них, а также степень набухания их коллоидов, тем выше, чем моложе организм. В период интенсивного роста, когда происходит активное деление клеток в начале утробной жизни младенца, степень набухания коллоидов настолько велика, что вода составляет до 95 % массы плода. Содержание воды у новорожденных составляет уже около 70-75 %, а у взрослых - примерно 59-60 %. Постепенное старение коллоидов сопровождается уменьшением способности к набуханию, и по мере старения организма процессы обмена замедляются. Это сопровождается буквальным „высыханием” человека, уменьшением объема тела и появлением морщин, которые являются характерными признаками старения.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) о высокомолекулярных соединениях, методах их получения и классификации;
- б) о структуре, форме макромолекул и о типе связи между ними;
- в) о связи между строением и механическими свойствами полимеров;
- г) о механизме набухания и растворения ВМС и влиянии различных факторов на величину степени набухания.

2. Уметь применять приобретенные знания по данной теме для решения задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) исследовать процесс набухания;
- б) рассчитывать степень, скорость и константу скорости процесса набухания;
- г) строить графики зависимости степени и скорости набухания от времени.

Исходный уровень знаний

1. Понятия о ВМС и методах их получения.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Высокомолекулярные соединения и их взаимодействие с растворителями”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач на данную тему из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, стр. 14-15.
4. Самостоятельно решить задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, № 2 стр. 15.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Исследование кинетики набухания ВМС объемным методом”.

Контрольные вопросы

1. Понятие о высокомолекулярных соединениях (ВМС), методах их получения и классификации.
2. Структура и формы макромолекул и типы связей между ними.
3. Внутреннее вращение звеньев в макромолекулах ВМС. Гибкость макромолекул.
4. Кристаллическое и аморфное состояние ВМС. Упруготвердое (стеклообразное), высокоэластичное (каучукообразное) и пластическое (вязко-текучее) состояние полимеров.
5. Связь между структурой и механическими свойствами полимеров.
6. Набухание и растворение высокомолекулярных соединений. Механизм набухания.

7. Термодинамика набухания и растворения ВМС.
8. Влияние различных факторов на процесс набухания. Лиотропные ряды ионов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие вещества называются высокомолекулярными соединениями? Приведите примеры природных и искусственных ВМС.
2. Какими методами можно получить ВМС? Приведите примеры.
3. Что такое макромолекула и какова структура макромолекул высокомолекулярных соединений?
4. Что такое конформация макромолекул, фазовое и физическое состояние ВМС?
5. Как изменяются свойства полимерного вещества при его пластификации и вулканизации?
6. Какая связь между строением и механическими свойствами полимеров?
7. Чем отличается высокомолекулярное вещество по характеру взаимодействия с растворителями от низкомолекулярного?
8. Что такое набухание, и какие стадии в нем различаются?
9. Рассмотрите процесс набухания и растворения с термодинамической точки зрения.
10. В чем сущность процесса набухания? Отличия ограниченного и неограниченного набухания?
11. Что такое степень и константа набухания?
12. Чем вызваны тепловые эффекты в процессе набухания?
13. Какие факторы и как они влияют на скорость и степень набухания?
14. Напишите лиотропные ряды и объясните принцип расположения в них ионов.
15. В чем заключаются объемный и весовой методы исследования процесса набухания?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).

3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Исследование кинетики набухания высокомолекулярных соединений объёмным методом

Принадлежности к работе:

1. Прибор для определения степени набухания объёмным методом.
2. Растворители: бензол, толуол, ксилол.
3. Различные полимеры, резина.
4. Секундомер.

Экспериментальная часть

Интерес обычно представляет кинетика набухания ВМС. Набухание ВМС характеризуют степенью набухания α :

$$\alpha = \frac{m - m_0(B)}{m_0(B)} \quad (1),$$

где: m - масса набухшего образца, кг;

$m_0(B)$ - масса сухого образца, кг.

Масса набухшего полимера (m) складывается, очевидно, из массы сухого вещества $m_0(B)$ и массы растворителя $m(A)$, поглощенной полимером,

$$m = m_0(B) + m(A) \quad (2)$$

В свою очередь

$$m(A) = V(A) \cdot \rho(A) \quad (3),$$

где: $V(A)$ - объем поглощенного растворителя, m^3 ;

$\rho(A)$ - плотность растворителя, $кг/м^3$.

После соответствующих преобразований, получаем расчетную формулу для степени набухания:

$$\alpha = \frac{V(A) \cdot \rho(A)}{m_0(B)} \quad (4).$$

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

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = K (\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\tau}) \quad (5),$$

где: $\alpha_{\text{макс}}$ - максимальная степень набухания;

α_{τ} - степень набухания в момент времени τ ;

K - константа скорости набухания, характеризующая способность вещества к набуханию.

Значение константы скорости набухания находим после интегрирования уравнения (5):

$$K = \frac{2,303}{\tau} \lg \frac{\alpha_{\text{макс}}}{\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\tau}} \quad (6)$$

Значение K можно определить, если уравнение (6) представить в виде уравнения прямой:

$$\lg \frac{\alpha_{\text{макс}}}{\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\tau}} = \frac{K}{2,303} \tau \cdot$$

Построив график зависимости $\lg \frac{\alpha_{\text{макс}}}{\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\tau}}$ от времени τ , находят тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс, а затем вычисляют константу скорости набухания по уравнению:

$$K = 2,303 \cdot \text{tg}\varphi.$$

Процесс набухания можно исследовать, либо периодически взвешивая набухающее вещество (весовой метод), либо время от времени измеряя объем жидкости, оставшейся после набухания (объемный метод).

Для наблюдения за кинетикой набухания удобнее всего применять объемный метод, пользуясь для этого прибором, представленным на рисунке 1.

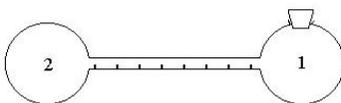


Рис. 1. Прибор Догаткина для изучения процесса набухания.

Этот прибор состоит из двух резервуаров 1 и 2, расположенных на разных уровнях. В прибор наливается жидкость, в которой предлагается проводить набухание, в таком количестве, чтобы её уровень достигал верхнего деления шкалы градуированного колена. Отмечают первоначальный уровень жидкости.

Затем образец полимера, взвешенный на аналитических весах, опускают в резервуар 1, который плотно закрывают пробкой.

Прибор приводят в такое положение, чтобы часть растворителя перешла из резервуара 2 в резервуар 1, покрыв полимер. Отмечают на часах время начала набухания. Через определенные промежутки времени измеряют объем поглощенной жидкости. Наблюдения ведутся от начала опыта через 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 минут.

Чтобы измерить объем поглощенной жидкости, нужно снова привести прибор в вертикальное положение, т.е. перевести весь растворитель из резервуара 1 в резервуар 2 и отметить его уровень h . По разности уровней определяется объем поглощенной жидкости.

По уравнению (4) рассчитывают степень набухания, затем расчетным и графическим путем определяют значение константы скорости набухания. Зная K , рассчитывают по уравнению (5) скорость набухания. О зависимости степени и скорости набухания от времени делают выводы по полученным результатам.

Время от начала опыта, τ , мин	Объем поглощенной жидкости, V , см ³	Степень набухания, α	$lg \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{max} - \alpha_t}$	Скорость набухания, da/dt	Значение константы скорости набухания K , мин ⁻¹

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, внесение данных в таблицу.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Исследование кинетики набухания ВМС объемным методом”.
3. Решение задач по теме: „Высокомолекулярные соединения (ВМС) и их взаимодействие с растворителями. Исследование кинетики набухания ВМС объемным методом”.

Лабораторно-практическое занятие № 12

Тема: Высокомолекулярные соединения. Вязкость и осмотическое давление растворов ВМС. Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом

Значение изучаемой темы

Растворы ВМС отличаются от истинных и коллоидных растворов очень высокой вязкостью, которая обусловлена их высокой гидрофильностью и сильно зависит от формы макромолекул.

Все биологические жидкости не являются ньютоновскими, их вязкость определяется размерами и формой частиц. Вязкость связана с молекулярной массой растворенного полимера. Поэтому измерение вязкости используется для определения средней молекулярной массы ВМС.

Вискозиметрический метод позволяет исследовать конформацию биополимеров.

В последние годы в медицинской практике измерение вязкости крови используется для изучения ее реологических свойств при тяжелых интоксикациях. Также вискозиметрический метод широко применяется для определения изоэлектрической точки белков.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) о вязкости растворов ВМС;
- б) об аномальной вязкости растворов полимеров;
- в) о методах измерения вязкости растворов ВМС;
- г) об осмотическом давлении растворов ВМС;
- д) о вискозиметрическом и осмотическом методах определения молекулярной массы ВМС.

2. Уметь применять приобретенные знания для решения задач по данной теме.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения:

- а) определять молекулярную массу полимеров вискозиметрическим методом.

Исходный уровень знаний

1. ВМС и их взаимодействие с растворителями.
2. Вязкость истинных растворов и методы ее определения.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Высокомолекулярные соединения. Вязкость и осмотическое давление растворов ВМС”.
3. Усвоить алгоритмы решенных задач на данную тему из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, стр. 35-38.
4. Самостоятельно решить задачи из МПРЗ (К.Х.), ч. 2, № 2, 4, 7, 9, 11 стр. 38-40.
5. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом”.

Контрольные вопросы

1. Вязкость растворов ВМС.
2. Отклонения вязкости растворов ВМС от уравнений Ньютона и Пуазейля. Уравнение Бингема.
3. Объяснение аномальной вязкости растворов полимеров.
4. Методы измерения вязкости растворов ВМС.
5. Удельная, приведенная и характеристическая вязкости.
6. Осмотическое давление растворов полимерных неэлектролитов и полиэлектролитов. Отклонение от уравнения Ванг-Гоффа. Уравнение Галлера.
7. Мембранное равновесие. Уравнение Доннана.
8. Методы определения молекулярной массы полимеров.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем проявляются особенности растворов ВМС как лиофильные системы? Какие свойства растворов ВМС соответствуют коллоидным растворам?
2. Проанализируйте особенности осмоса, диффузии и рассеяния света для растворов ВМС.

3. Как зависит вязкость растворов ВМС от их концентрации?
4. Чем объясняется аномальная вязкость растворов полимеров?
5. Приведите методы определения вязкости растворов.
6. Как зависит осмотическое давление и вязкость растворов от молекулярной массы растворенного полимера?
7. Что такое молекулярная масса макромолекул? Приведите методы ее определения.
8. Что такое относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости?
9. Как определить молекулярную массу ВМС вискозиметрическим методом?
10. Проанализируйте уравнение Эйнштейна.
11. Приведите модифицированное уравнение Штаудингера и проанализируйте его.
12. Почему нельзя применить для расчета осмотического давления растворов ВМС уравнение Вант-Гоффа?
13. На основании каких представлений для описания зависимости осмотического давления от концентрации полимеров было предложено уравнение Галлера?
14. Что такое растворы полимерных нелектролитов и полиэлектролитов?
15. В чем заключается мембранное равновесие, и какие выводы делаются из уравнения Доннана?

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом

Принадлежности к работе:

1. Вискозиметр с диаметром калилляра от 0,54 до 0,90 мм.
2. Растворы с содержанием 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 и 1 г поливинилового спирта в 100 см³ воды.

3. Секундомер.

Экспериментальная часть

Одним из наиболее простых методов определения молекулярной массы полимеров является вискозиметрический метод, основанный на способности макромолекул повышать вязкость раствора тем больше, чем выше молекулярная масса растворенного вещества. Для определения вязкости используют капиллярный стеклянный вискозиметр ВПЖ-2 (рис. 1), который представляет собой U-образную трубку, в колено (1) которой впаян капилляр (4).

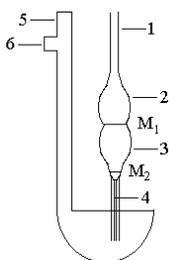


Рис. 1. Капиллярный стеклянный вискозиметр ВПЖ

Измерение вязкости при помощи капиллярного вискозиметра основано на определении времени истечения через капилляр определенного объёма жидкости из измерительного резервуара.

Для измерения времени истечения жидкости на отводную трубку (6) надевают резиновый шланг. Затем, зажав, пальцем колено (5) и перевернув вискозиметр, опускают колено (1) в стакан с жидкостью и засасывают её до отметки M_2 резервуара, следя за тем, чтобы в жидкости не образовывались пузырьки воздуха. В момент достижения уровня жидкости отметки M_2 , вискозиметр извлекают из сосуда и быстро переворачивают в нормальное положение. Определяют время опускания мениска жидкости от отметки M_1 до метки M_2 . Измерения проводят не менее трёх раз. Для этого с помощью груши снова поднимают жидкость в колено (1) до одной трети высоты резервуара (2) и снова определяют время опускания мениска жидкости от отметки M_1 до метки M_2 . Эксперимент выполняют сначала с чистым растворителем, затем с растворами, указанными в таблице 1, в порядке возрастания концентраций.

В вискозиметрическом методе определения молекулярной массы ВМС сначала рассчитывают вязкость исследуемых растворов по следующему уравнению:

$$\eta_x = \eta_0 \frac{\tau_x \cdot \rho_x}{\tau_0 \cdot \rho_0},$$

где: τ_0 и τ_x - время течения растворителя и исследуемого раствора соответственно, с;

ρ_0 и ρ_x - плотности растворителя и исследуемых растворов соответственно, кг/м³;

η_0 - вязкость растворителя (из справочника при соответствующей температуре (кг/м·с, Н·с/м²).

Затем рассчитывают удельную вязкость $\eta_{уд}$ по уравнению:

$$\eta_{уд} = \frac{\eta_x - \eta_0}{\eta_0}$$

и приведенную вязкость $\eta_{пр} = \eta_{уд}/c$ для растворов различной концентрации.

Строят график зависимости приведенной вязкости от концентрации. Эта зависимость представляет собой прямую линию (Рис.2), которая при экстраполяции отсекает на оси ординат отрезок равный характеристической вязкости $[\eta]$.

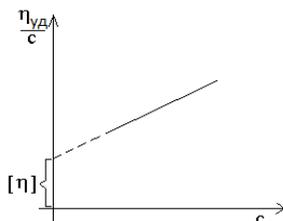


Рис. 2. Зависимость приведенной вязкости от концентрации.

Зная величину $[\eta]$, из уравнения Марка – Куна – Хаувинка $[\eta]=KM^\alpha$, определяют молекулярную массу ВМС. Для этого надо прологарифмировать это уравнение:

$$\lg[\eta] = \lg K + \alpha \lg M$$

откуда:

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

При 298 К, для растворов поливинилового спирта в воде, константы уравнения Марка — Куна — Хаувинка равны $K=3,0 \cdot 10^{-5}$ и $\alpha = 0,5$, если молекулярная масса ПАВ в пределах от $8,5 \cdot 10^3$ до $1700 \cdot 10^3$.

№	Концентрация исследуемых р-ров ПВС в воде, кг/м ³	Время истечения τ , с	Вязкость, η , Па*с	Удельная вязкость $\eta_{уд}$	Приведенная вязкость м ³ /кг	Характеристическая вязкость, $[\eta]$,	Значение молекулярной массы ПВС
1	0 (вода)						
2	6						
3	7						
4	8						
5	9						
6	10						

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, внесение данных в таблицу.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом”.
3. Решение задач по теме: „Высокомолекулярные соединения. Вязкость и осмотическое давление растворов ВМС. Определение молекулярной массы поливинилового спирта вискозиметрическим методом”.

Лабораторно-практическое занятие № 13

Тема: Высокомолекулярные соединения. Гели и студни. Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования

Значение изучаемой темы

Гели представляют собой пространственные сетки, образованные либо твердыми коллоидными частицами, либо гибкими макромолекулами, в промежуточных объемах которых находится, раствори-

тель. Если гели образуются твердыми коллоидными частицами типа SiO_2 , Fe_2O_3 , V_2O_5 , то они называются хрупкими гелями. Если пространственная сетка образована макромолекулами ВМС, гели, называются эластичными гелями или студнями. Хрупкие гели имеют двухфазную гетерогенную структуру, а эластичные гели (студни) представляют собой гомогенную систему.

Гели играют важную роль в практической деятельности человека и в биологических процессах. К гелям относятся различные пористые и ионообменные адсорбенты, ультрафильтры, искусственные мембраны, волокна мышечных тканей, хрящи, клеточные оболочки, оболочки эритроцитов и различные мембраны в организмах. Основным содержанием любой живой клетки является протоплазма, которую можно рассматривать как весьма подвижный студень, построенный в основном из молекул белка.

Еще большую роль студни и студнеобразование играют в развитии животных и растительных организмов. Живые организмы состоят из студней различной степени гидратации.

Синерезис имеет важное биологическое значение. Он является одним из причин появления с возрастом у биологических тканей организма новых качеств, таких как большая жесткость и меньшая эластичность. Положительным примером синерезиса может служить самопроизвольное отделение жидкости от творога в процессе созревания сыра.

Студни и студнеобразование играют важную роль в производстве товаров народного потребления, например, в производстве вязкозного ацетатного и медноаммиачного шелка, различных типов искусственной кожи, резиновых изделий из синтетических латексов и растворов каучуков.

Не менее важны студни в производстве продовольственных товаров. Хлеб, мясо, различные сорта сыра, творог, мармелад, джем, желе, кисель и другие продукты - типичные студни.

Цель изучения темы:

1. Приобрести знания:

- а) об изоэлектрической точке полиамфолитов и методах ее определения;
 - б) о факторах устойчивости растворов ВМС и ее нарушении;
 - в) о процессе высаливания и коацервации;
 - г) о процессе застудневания и влиянии различных факторов на скорость застудневания;
 - д) о явлениях тиксотропии и синерезиса студней;
 - е) о диффузии и периодических реакциях в студнях и гелях.
2. Уметь применять приобретенные знания по данной теме для решения ситуационных задач.

Цель лабораторной работы:

Выработать умения

- а) определять изоэлектрическую точку белка;
- б) исследовать влияние электролитов на скорость застудневания раствора желатина.

Исходный уровень знаний

1. ВМС и их взаимодействие с растворителями.
2. Вязкость и осмотическое давление растворов ВМС.
3. Понятие о белках, их амфотерных свойствах и методах получения.

Задание на дом

1. Повторить вопросы исходного уровня знаний по контрольным вопросам из методических указаний к лабораторно - практическим занятиям № 11 и 12.
2. Подготовить теоретический материал по контрольным вопросам на тему: „Высокомолекулярные соединения. Гели и студни”.
3. Усвоить методику выполнения лабораторной работы: „Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования”.

Контрольные вопросы

1. Полимерные неэлектролиты и полиэлектролиты. Полиамфолиты.
2. Изоэлектрическая точка полиамфолитов и методы ее определения.

3. Факторы устойчивости растворов ВМС и ее нарушение. Высаливание. Лиотропные ряды ионов. Зависимость порогов высаливания полиамфолитов от рН среды.
4. Коацервация и ее биологическое значение.
5. Микрокапсулирование и его значение в фармации.
6. Застудневание. Влияние различных факторов на скорость застудневания.
7. Тиксотропия студней и гелей. Синерезис студней. Студни в фармации.
8. Диффузия и периодические реакции в студнях и гелях.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое полимерные неэлектролиты и полиэлектролиты? Приведите примеры.
2. В чем особенность белков как полиэлектролиты и высокомолекулярные соединения (ВМС)? Напишите схему полипептидной цепи белков.
3. Что такое изоэлектрическая точка и изоэлектрическое состояние полиамфолитов? Покажите форму макромолекул белка в изоэлектрическом состоянии и при рН больше и меньше значения в изоэлектрической точке.
4. Почему изменяется структура макромолекул белков и вязкость их растворов с изменением рН?
5. Приведите методы определения изоэлектрической точки белков и поясните их.
6. Как изменяется строение двойного электрического слоя макромолекул белка в зависимости от рН среды?
7. Каковы факторы устойчивости растворов высокомолекулярных соединений?
8. Что такое высаливание, и чем отличается высаливание ВМС от коагуляции золь электролитами?
9. По какому принципу расположены ионы в лиотропных рядах?
10. Почему ион Li^+ обладает большей способностью гидратироваться, чем ион Cs^+ ?

11. Почему пороги высаливания полиамфолитов зависят от рН среды?
12. Что такое коацервация?
13. Что такое микрокапсулы, и каково их значение в фармации?
14. Назовите методы получения микрокапсул.
15. Что называется студнем и гелем?
16. Какие факторы влияют на процесс студнения, и каким образом?
17. Что такое тиксотропия, и в каких системах она наблюдается?
18. Что такое синерезис, и какие факторы влияют на него?
19. Какие методы существуют для получения студней? Приведите примеры.
20. В каком состоянии находится растворитель в студне?
21. Покажите, от чего зависит скорость диффузии в студнях?
22. Почему в студнях наблюдаются периодические реакции? Приведите примеры периодических реакций в студнях.

Содержание занятия

1. Контроль выполнения домашнего задания. Разбор контрольных вопросов и решение задач.
2. Письменный контроль усвоения темы (15 минут).
3. Выполнение лабораторной работы.

Лабораторная работа: Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования

Принадлежности к работе:

1. Сухой желатин.
2. Раствор желатина с массовой долей, равной 1 %.
3. Раствор желатина с массовой долей, равной 6 %.
4. Раствор солей K_2SO_4 ; CH_3COOK ; KCl ; KNO_3 ; KI ; $KCNS$ с молярной концентрацией эквивалента, равной 1 моль/л.
5. Ацетатный буферный раствор с рН среды, равными: 3,80; 4,39; 4,76; 5,12 и 5,71.
6. Этиловый спирт.
7. Штатив с градуированными сухими пробирками.

8. Пипетки на 5 мл.
9. Бюретка на 25 мл.
10. Промывалка с дистиллированной водой.
11. Водяные бани и лед.

Экспериментальная часть

Опыт 1. Исследование нарушения устойчивости растворов желатина в зависимости от рН среды при воздействии дегидратирующего вещества - спирта при постоянной температуре

Для работы необходимо приготовить 5 пронумерованных пробирок. В каждую пробирку наливают по 5 мл ацетатного буферного раствора с различными значениями рН. Затем в каждую пробирку добавляют по 2 мл раствора желатина с массовой долей, равной 1 %, и тщательно перемешивают. После этого, при интенсивном встряхивании, из бюретки в каждую пробирку добавляют по 2 мл этанола.

Наблюдают за растворами, отмечая время появления помутнения. Появление помутнения лучше всего наблюдать на темном фоне, поэтому пробирки ставят на лист черной бумаги и рассматривают их сверху вниз через всю толщу раствора. Записывают время появления помутнения от начала опыта.

Полученные экспериментальные данные занести в таблицу:

Номер пробирки	1	2	3	4	5
рН раствора					
Время помутнения от начала опыта, мин					

Для оформления отчета:

1. Построить кривую зависимости устойчивости растворов желатина от рН среды, откладывая на оси абсцисс рН, а на оси ординат - время появления помутнения τ .
2. Сделать вывод о влиянии рН на устойчивость раствора желатина.
3. При каком значении рН раствор желатина обладает наименьшей устойчивостью? Объясните почему.

Опыт 2. Определение изоэлектрической точки желатина

В 5 сухих градуированных пробирок одинакового диаметра насыпают меркой одинаковые объемы (0,5 см³) сухого измельченного

желатина и отмечают высоту столбика желатина - h_0 . Затем в каждую пробирку наливают по 5 мл ацетатных буферных растворов с различными значениями pH. Через 15-20 минут измеряют в каждой пробирке высоту столбика набухшего желатина - h , рассчитывают разность между этой высотой и начальной высотой обозначаемую как $\Delta h = h - h_0$ и строят график зависимости Δh от pH раствора.

Изоэлектрическую точку желатина определяют по минимуму набухания.

Опыт 3. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования

В шесть пронумерованных пробирок наливают по 2,5 мл теплого раствора желатина с массовой долей, равной 6 %, а затем в каждую добавляют по 2,5 мл раствора солей с молярной концентрацией эквивалента, равной 1 моль/л (K_2SO_4 , CH_3COOK , KCl , KNO_3 , KI , $KCNS$). Для сравнения приготавливают смесь, состоящую из 2,5 мл того же раствора желатина и 2,5 мл дистиллированной воды. После этого перемешивают растворы и погружают их в баню с холодной водой (примерно 10 °С), отмечая время.

Через каждые 10-30 с осторожно наклоняя пробирки, но, не вынимая их из воды, следят за процессом желатинирования. Началом желатинирования считают тот момент, когда уровень жидкости при наклоне пробирки не смещается.

Установить и записать в таблицу время застудневания раствора желатина в каждой из пробирок. Сопоставить время застудневания в растворах электролитов и в чистой воде. Данные занести в таблицу:

Пробирка	Раствор электролита	Время застудневания (сек)
1	K_2SO_4	
2	CH_3COOK	
3	KCl	
4	KNO_3	
5	KI	
6	$KCNS$	
Сравнение	H_2O	

По данным таблицы:

- а) установить анионы, ускоряющие и задерживающие застуднение,
- б) расположить анионы в ряд в порядке возрастания времени желатинирования и сравнить полученный ряд с лиотропным рядом анионов.
- в) объяснить, какое воздействие оказывают электролиты на процесс желатинирования.

Содержание самостоятельной работы

1. Систематизация экспериментальных наблюдений, написание химических реакций для соответствующих опытов.
2. Оформление отчета по лабораторной работе: „Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования”.
3. Решение задач по теме: „Высокомолекулярные соединения. Гели и студни. Определение изоэлектрической точки желатина. Исследование влияния электролитов на скорость желатинирования”.

Перечень практических навыков приобретенных по курсу „Фармацевтические дисперсные системы” для студентов II-го курса Фармацевтического факультета

1. Получать различными методами коллоидные растворы и очищать их методом диализа.
2. Определять размеры частиц дисперсной фазы и их относительное содержание в порошках.
3. Определять поверхностное натяжение методом наибольшего давления образования пузырьков (методом Ребиндера).
4. Определять величины адсорбции, площади занимаемой одной молекулой в поверхностном слое и длину молекулы ПАВ по изотерме поверхностного натяжения.
5. Исследовать адсорбцию веществ из растворов, рассчитывать величину адсорбции и определять постоянные в уравнении Фрейндлиха.
6. Исследовать влияние природы адсорбтива, адсорбента и растворителя на адсорбцию из растворов.

7. Проводить хроматографическое разделение смесей веществ.
8. Определять величину электрокинетического потенциала методом макроэлектрофореза.
9. Исследовать процесс коагуляции и рассчитывать значение порогов коагуляции.
10. Получать устойчивые эмульсии, определять их тип и проводить обращение фаз эмульсий.
11. Определять критическую концентрацию мицеллообразования в коллоидных растворах ПАВ.
12. Исследовать процесс набухания, рассчитывать степень, скорость и константу скорости набухания.
13. Определять молекулярную массу полимеров вискозиметрическим методом.
14. Определять изоэлектрическую точку белков, исследовать процесс застудневания и влияния на него различных факторов (концентрация, температура, рН, электролиты и т.д.).

**Вопросы к экзамену
по курсу „Фармацевтические дисперсные системы”
для студентов II-го курса Фармацевтического факультета**

1. Предмет изучения дисциплины „Фармацевтические дисперсные системы” и ее значение в фармации.
2. Основные этапы развития дисциплины. Роль ученых в развитии дисциплины, разработке новых методов получения и применения дисперсных систем, улучшении эффективности и безопасности лекарственных препаратов, развитии фармацевтической науки и индустрии.
3. Дисперсные системы. Дисперсная фаза и дисперсионная среда. Степень дисперсности. Классификация дисперсных систем по степени дисперсности.
4. Классификация дисперсных систем по степени дисперсности и по степени взаимодействия дисперсной фазы с дисперсионной средой.

5. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды и по отсутствию или наличию взаимодействия между коллоидными частицами.
6. Методы получения коллоидных растворов.
7. Методы очистки коллоидных растворов.
8. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Броуновское движение. Уравнение Эйнштейна.
9. Диффузия. Уравнения Фика.
10. Осмотическое давление дисперсных систем. Уравнение Вант-Гоффа.
11. Седиментационная устойчивость и седиментационное равновесие.
12. Седиментационный анализ и его применение в фармации.
13. Ультрацентрифуга и ее применение для исследования коллоидных систем.
14. Оптические свойства дисперсных систем. Рассеяние света в коллоидных системах. Уравнение Рэлея.
15. Оптические методы исследования коллоидных растворов (ультрамикроскопия, нефелометрия, электронная микроскопия).
16. Поверхностные явления. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение.
17. Методы определения поверхностного натяжения (метод наибольшего давления пузырька (метод Ребиндера), метод отсчета капель (сталагмометрический метод), метод капиллярного поднятия жидкости).
18. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные вещества.
19. Изотерма поверхностного натяжения. Правило Дюкло-Траубе и правило Антонова.
20. Уравнение Шишковского.
21. Явление смачивания. Флотация.
22. Адсорбция на границе жидкость-газ. Уравнение Гиббса.
23. Расчёт величины адсорбции на границе жидкость-газ по изотерме поверхностного натяжения. Ориентация молекул в поверхностном слое, определение длины и площади, занимаемой

- молекулой в насыщенном адсорбционном слое.
24. Теория мономолекулярной адсорбции на границе раздела твердое тело-газ. Уравнение Лэнгмюра. Изотерма адсорбции Лэнгмюра.
 25. Адсорбция на границе раздела твердое тело-газ и твердое тело-жидкость. Уравнение Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Фрейндлиха.
 26. Влияние природы адсорбента, адсорбтива и растворителя на адсорбцию из растворов.
 27. Эквивалентная адсорбция слабых электролитов и избирательная адсорбция сильных электролитов. Правила Пескова-Фаянса.
 28. Ионообменная адсорбция. Иониты. Классификация ионитов. Применение ионитов в фармации.
 29. Хроматография. Классификация хроматографических методов по технике выполнения и по механизму процесса. Применение хроматографии для получения и анализа лекарственных веществ.
 30. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос. Потенциал протекания и потенциал седиментации. Применение электрофореза в фармации и медицине.
 31. Механизм возникновения электрического заряда коллоидных частиц. Строение двойного электрического слоя.
 32. Электротермодинамический (φ) и электрокинетический (ζ -дзета) потенциалы коллоидной частицы.
 33. Электроосмотический и электрофоретический методы измерения электрокинетического потенциала.
 34. Влияние различных факторов на величину электрокинетического потенциала. Явление перезарядки коллоидных частиц.
 35. Строение коллоидной частицы. Примеры.
 36. Кинетическая и агрегативная устойчивость коллоидных растворов. Факторы устойчивости.
 37. Коагуляция. Кинетика коагуляции. Уравнение Смолуховского.
 38. Коагуляция электролитами. Правило Шульце-Гарди. Порог коагуляции и его определение.
 39. Явление привыкания зольей. Чередование зон коагуляции.

40. Коагуляция смесями электролитов. Явление аддитивности, антагонизма и синергизма.
41. Взаимная коагуляция зольей.
42. Основные теории коагуляции коллоидов.
43. Защита коллоидных частиц и астабилизация. Золотое число.
44. Суспензии, методы получения, свойства, значение в фармации.
45. Аэрозоли. Свойства аэрозолей. Значение аэрозолей в фармации.
46. Эмульсии, классификация эмульсий, методы получения. Механизм действия эмульгатора. Применение эмульсий в фармации.
47. Пасты и порошки, методы получения и их свойства. Применение в фармации.
48. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования и методы её определения.
49. Солюбилизация. Значение поверхностно-активных веществ в фармации.
50. Методы получения и классификация высокомолекулярных веществ.
51. Структура и формы макромолекул и типы связей между ними. Основные агрегатные состояния ВМВ. Связь между структурой и механическими свойствами полимеров.
52. Полимерные неэлектролиты и полиэлектролиты. Полиамфолиты. Изoeлектрическая точка полиамфолитов и её методы определения.
53. Набухание и растворение ВМВ. Механизм набухания. Давление набухания.
54. Термодинамика набухания и растворения ВМВ. Влияние различных факторов на процесс набухания. Лиотропные ряды ионов.
55. Вязкость растворов ВМВ. Отклонение вязкости растворов ВМВ от уравнений Ньютона и Пуазейля.
56. Уравнение Бингема и Эйнштейна. Объяснение аномальной вязкости растворов полимеров.
57. Методы измерения вязкости растворов ВМВ.

58. Удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Уравнение Штаудингера и его модификация. Определение молекулярной массы полимера вискозиметрическим методом.
59. Осмотическое давление растворов полимерных неэлектролитов, определение молекулярной массы полимерных неэлектролитов. осмометрическим методом.
60. Измерение осмотического давления растворов полиэлектролитов. Мембранное равновесие Доннана.
61. Факторы устойчивости растворов ВМВ и её нарушение. Высаливание, пороги высаливания. Лиотропные ряды ионов.
62. Коацервация. Микрокапсулирование.
63. Застудневание. Влияние различных факторов на скорость застудневания.
64. Студни и гели. Тиксотропия студней и гелей. Синерезис студней.
65. Диффузия и периодические реакции в студнях и гелях.

Рекомендуемая литература:

1. Беляев А.П.; Кучук В.И.; Евстратова К.И.; Купина Н.А; Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. М., 2010 г.
2. Беляев А. П. Физическая и коллоидная химия. Учебное пособие. ГЭОТАР-Медиа. 2014 г.
3. Конюхов В. Коллоидная химия. Практикум. Учебное пособие. Издательство: Инфра-Инженерия, 2024 г.
4. Конюхов В. Ю., Бондарева Г. М. Хроматография в физической химии. Практикум. Учебное пособие. Издательство: Лань, 2022 г.
5. Сырбу В. А. Сборник методических указаний по коллоидной химии. Кишинев, 1990 г.

USMF „Nicolae Testemițanu”

Centrul Editorial-Poligrafic Medicina

Formatul hârtiei 60x84 ¹/₁₆ Tiraj: 50 ex.

Coli de autor: 3,6 Comanda nr. 121

Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 165