Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра физической и прикладной химии

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по коллоидной химии
для студентов направления 020201.65
«Фундаментальная и прикладная химия»

Курган 2017

Кафедра физической и прикладной химии.

Дисциплина: Коллоидная химия (специальность 020201.65).

Составитель: канд. хим. наук А.И. Рыкова

Утверждены на заседании кафедры ФПХ «_29__»_августа_2016 г.

Рекомендованы методическим советом университета «17»_декабря_2015г.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. *Получение дисперсных систем* …… 4

Лабораторная работа № 2. *Седиментационный анализ суспензии*…….....9

Лабораторная работа № 3.

Адсорбция на границе «твердое тело – раствор» 13

Лабораторная работа № 4. *Адсорбция на границе «раствор – воздух»*…. 15

Лабораторная работа № 5. *Хроматография* …… 19

Лабораторная работа № 6. *Коагуляция дисперсных систем* …… 22

Лабораторная работа № 7.

Определение вязкости слабоструктурированных жидкостей …… 24

Лабораторная работа № 8.

Определение критической концентрации мицеллообразования 29

Лабораторная работа № 9. *Свойства высокомолекулярных веществ*…. 31

Список литературы……. 35

Лабораторная работа № 1

ПОЛУЧЕНИЕ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Определение знака заряда частиц

В окрашенных золях знак заряда частиц можно определить методом капиллярного анализа. Он основан на том, что целлюлозные стенки капилляров фильтровальной бумаги заряжаются отрицательно, а пропитывающая бумагу вода – положительно. На листок бумаги нанести каплю исследуемого золя. После всасывания капли золь с положительно заряженными частицами адсорбируется на бумаге и дает окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно; золь с отрицательно заряженными частицами не адсорбируются бумагой, образует равномерно окрашенное пятно.

Задание:

1 Получить золи, в химических методах написать уравнения реакций и формулы мицелл.

2 Для слабо окрашенных золей (серы, серебра, гидроксида железа (III)) отметить степень опалесценции.

3 Для сильно окрашенных золей (двуокиси марганца, берлинской лазури) отметить цвет и определить знак заряда частиц.

Физические методы получения золей

Метод замены растворителя

В колбе на 25 мл к 1 мл 1%-го спиртового раствора серы (парафина, мастики, канифоли в ацетоне) добавить при встряхивании 10 мл воды.

Химические методы получения золей

1 Метод гидролиза

Нагреть до кипения 50 мл дистиллированной воды. Добавить по каплям 10 мл 2%-го $FeCl_3$ и кипятить еще несколько минут. Мицелла образуется за счет адсорбции ионов FeO^+ на поверхности частиц $Fe(OH)_3$, получившихся в результате гидролиза. Противоионами служат анионы хлора. Полученный золь

не выливать, после изучения отдать лаборанту.

2 Метод двойного обмена

Приготовить в двух пробирках коллоидные растворы берлинской лазури из 0,005 н. $FeCl_3$ и 0,005 н. $K_4[Fe(CN)_6]$ в следующих соотношениях:

а) 3 мл $FeCl_3$ и 1 мл $K_4[Fe(CN)_6]$; б) 3 мл $K_4[Fe(CN)_6]$ и 1 мл $FeCl_3$. Проверить заряды частиц на фильтровальной бумаге. Написать формулу мицеллы для обоих золей.

3 Метод окислительно-восстановительный

3.1 Получение золя металлического серебра

Нитрат серебра легко восстанавливается в щелочной среде. Внести пипеткой 1 мл 0,1 н. $AgNO_3$ в 100 мл дистиллированной воды. Добавить 2-3 капли 1%-го раствора K_2CO_3, сухого танина на кончике шпателя и нагреть. При нагревании интенсивность окраски раствора усиливается. Танин $C_{76}H_{52}O_{46}$ окисляется до флобафенов $C_{76}H_{52}O_{49}$. На поверхности агрегатов адсорбируются ионы AgO^-; противоионами являются ионы калия.

3.2 Получение золя двуокиси марганца

Перманганат калия восстанавливается тиосульфатом натрия до двуокиси марганца. К 1 мл 1,5%-го раствора $KMnO_4$ в пробирке добавить 10 мл воды. По каплям из пипетки ввести 0,5 мл 1%-го раствора тиосульфата натрия. Потенциалопределяющие ионы MnO_4^-, противоионы K^+.

4 Метод пептизации

4.1 Получение золя берлинской лазури пептизацией на фильтре

Внести в пробирку пипеткой 1,5 мл насыщенного раствора гексациано(II)феррата калия и 0,5 мл 50%-го раствора $FeCl_3$. Полученный осадок перенести на фильтр, промыть водой. Фильтрат вылить, а осадок залить на фильтре 2-3 мл 2%-го раствора щавелевой кислоты и осторожно размешать. Осадок быстро пептизируется и через фильтр стекает интенсивно окрашенный золь берлинской лазури. Анион $C_2O_4^{2-}$ сильно адсорбируется на частицах осадка, сообщая им заряд и агрегативную устойчивость; противоионами служат катионы H^+.

4.2 Пептизация осадка гидроксида железа (III) раствором хлорида железа (III)

Отмерить 50 мл дистиллированной воды и 1 мл 10%-го раствора хлорида железа $FeCl_3$ в химический стакан. Размешать до получения однородного раствора и добавлять по каплям 5% раствор аммиака до обесцвечивания. Написать уравнение реакции.

Дать осадку осесть и декантировать (слить осторожно через край прозрачный раствор, не взмучивая осадка). К осадку в стакане добавить около 30 мл дистиллированной воды, взболтать, дать отстояться и снова декантировать прозрачный раствор. Промывание декантацией повторить еще два раза. К отмытому осадку добавить 25 мл дистиллированной воды, взболтать и, не давая осадку осесть, набрать суспензию $Fe(OH)_3$ в пипетку на 2 мл. Составить и заполнить следующий ряд из пяти пробирок:

Номер пробирки	*Контроль*	*1*	*2*	*3*	*4*
V ($Fe(OH)_3$), мл	2	2	2	2	2
V (H_2O), мл	5	4,8	4,6	4,4	4,2
V ($FeCl_3$), мл	–	0,2	0,4	0,6	0,8

Энергично взболтать содержимое всех пробирок ряда и поставить пробирки в штатив. Через час сравнить величину осадка в контрольной и остальных пробирках. Установить, в какой из пробирок произошла пептизация.

Получение эмульсий

1 Получение эмульсии

а) к 5 мл раствора масла в ацетоне прибавить по каплям при интенсивном перемешивании равный объем дистиллированной воды. Оставьте эмульсию для последующего анализа;

б) смешать несколько капель растительного масла с 1 мл дистиллированной воды, тщательно встряхнуть. Эмульсию оставить для последующего анализа.

Назовите методы получения эмульсий. Укажите тип образовавшихся

эмульсий. Являются ли полученные эмульсии устойчивыми?

2 Получение эмульсии в присутствии олеата натрия

К 1 мл раствора олеиновой кислоты с массовой долей 2% прибавить несколько капель растительного масла и 5 мл дистиллированной воды. Тщательно встряхнуть. К полученной эмульсии добавить 1 мл раствора щелочи с массовой долей 10%. Эмульсию оставить для последующего анализа.

Укажите тип полученной эмульсии. Запишите уравнение химической реакции получения стабилизатора данной эмульсии. Устойчива ли полученная эмульсия?

3 Методы определения типа эмульсии

а) каплю эмульсии, полученной в опыте 1б, и каплю воды поместите рядом на предметное стекло. Наклоните стекло так, чтобы капли соприкоснулись. Происходит ли слияние капель? Укажите тип эмульсии. Назовите метод определения типа эмульсии.

б) в полученные эмульсии введите водорастворимый краситель, тщательно перемешайте. Как окрашена дисперсная фаза и дисперсионная среда в этих эмульсиях? Как называется данный метод определения типа эмульсии?

4 Обращение фаз в эмульсиях **(опыт проводите под тягой!)**

а) в пробирку налейте 1,5 мл раствора олеата натрия с массовой долей 2% и 1,5 мл окрашенного толуола. Полученную эмульсию разлить в две пробирки. В одну из пробирок добавить 1-2 капли судана, тщательно встряхнуть. Назовите тип образовавшейся эмульсии. Является ли данная эмульсия устойчивой?

б) к эмульсии, полученной в предыдущем опыте, прилейте несколько капель раствора хлорида кальция и тщательно перемешайте. Если произошло неполное обращение фаз, то добавьте ещё несколько капель раствора хлорида кальция. Укажите тип образовавшейся эмульсии. Запишите уравнение химической реакции получения нового эмульгатора. Объясните причину наблюдаемого явления.

Контрольные вопросы

1 На какие две основные группы можно разделить все методы получения дисперсных систем? Что такое дисперсность, в чём она выражается?

2 Перечислить методы получения коллоидных систем путём диспергирования. Приведите примеры. Как Вы думаете, какой из диспергационных методов лучше применить для диспергирования крахмала, графита, серы?

3 Что такое стабилизаторы? Их роль в получении высокодисперсных систем.

4 Что такое пептизаторы? Назвать виды пептизации и объяснить её механизм на конкретных примерах.

5 Перечислите методы получения коллоидных систем путём конденсации. Приведите примеры.

6 Устройство и работа шаровой мельницы. Основные направления использования, достоинства и недостатки шаровой мельницы.

7 Методы очистки дисперсных систем. Достоинства и недостатки каждого метода.

8 Что такое эмульсия? Классификация эмульсий. Методы определения типа эмульсии. Определите тип эмульсий, если они стабилизированы:

а) олеатом натрия; б) стеаратом кальция; в) порошком графита; г) порошком мела. Какой эмульгатор – порошок талька или диоксида кремния – стабилизирует эмульсию типа «вода в масле»?

9 Стабилизация эмульсий. Что такое гидрофильно-липофильный баланс? Выберите стабилизаторы эмульсий типа «масло/вода» среди следующих веществ: желатин, тальк, гипс, мел, пальмитат натрия, олеат кальция.

10 Какое явление называется обращением фаз эмульсии? Как изменяется способность ионов вызывать обращение фаз эмульсии «масло/вода» в ряду: Al^{3+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}?

11 Применение эмульсий.

Лабораторная работа № 2

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СУСПЕНЗИИ

Скорость седиментации (оседания) частиц дисперсии зависит от различия плотности частиц дисперсной фазы (ρ) и дисперсионной среды (ρ_o), вязкости среды (η) и радиуса частиц (r):

$$\mathbf{V = 2r^2(\rho - \rho_o)g/9\eta,} \qquad (1)$$

где g – ускорение силы тяжести 9,81 м/с^2.

Для монодисперсных систем масса осадка прямо пропорциональна времени оседания. График зависимости массы осадка m от времени t будет иметь вид (рисунок 2.1):

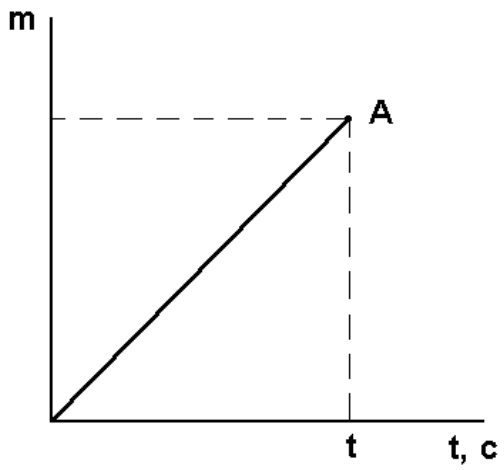


Рисунок 2.1 – Вид седиментационной кривой монодисперсной системы

В точке А оседание всех частиц закончилось и масса осадка не изменяется. Время t, соответствующее точке А, есть время прохождения частицами пути h от поверхности суспензии до чашки (рисунок 2.2).

По величинам h и t также можно определить скорость оседания:

$$\mathbf{V = h/t.} \qquad (2)$$

Для полидисперсных систем график седиментации имеет вид кривой с бесконечно большим числом изломов (рисунок 2.3).

Ось абсцисс разбивают на участки, соответствующие времени оседания различных фракций. Из точек кривой седиментации A_1, A_2, A_3, A_4 проводят ка-

сательные до пересечения с осью ординат. Полученные отрезки показывают массу выбранных фракций. Определив массы отдельных фракций m_i и массу осадка после полного осаждения суспензии $m_{макс}$, рассчитывают процентное содержание отдельных фракций (Q_i):

$$\mathbf{Q_i = m_i\ 100\% \ / \ m_{макс}}. \qquad (3)$$

Задание: научиться проводить седиментационный анализ суспензии и определять размер частиц полидисперсной суспензии.

Ход работы

1 В стакан для суспензии (цилиндр объемом 1 л) налить водопроводной воды и погрузить в нее чашку (рисунок 2.2). Измерить массу пустой чашки и глубину ее погружения (h) с точностью ± 1 мм. Термометром измерить температуру воды.

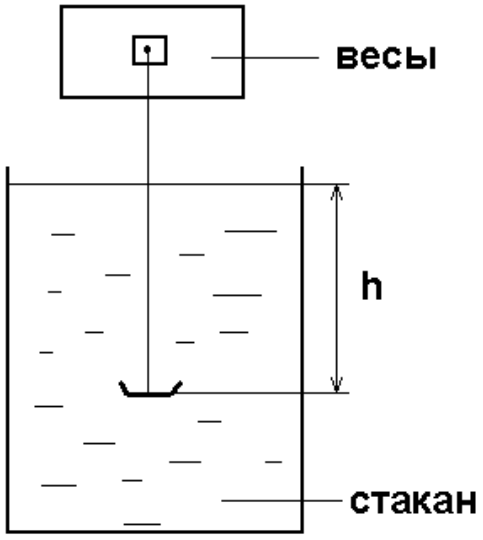


Рисунок 2.2 – Схема установки для седиментационного анализа

2 Вылить воду в фарфоровый стакан с песком (глиной), тщательно перемешать до образования суспензии.

3 Залить суспензию в цилиндр, быстро погрузить чашку, открыть весы и включить секундомер. Через 15 с определить массу чашки с осадком.

4 Проводить измерения массы чашки с осадком три раза через 30 с, затем через каждую минуту. Опыт считается законченным, если масса чашки с осадком не изменяется в течение 5 мин.

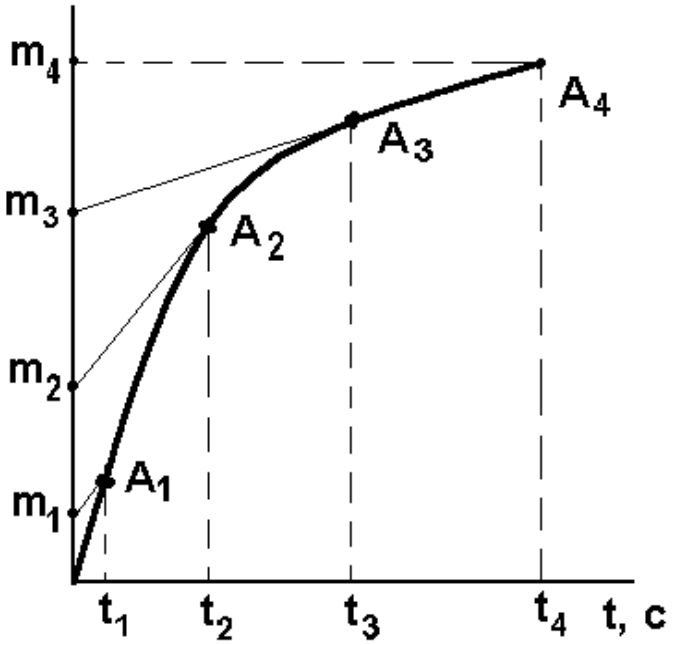


Рисунок 2.3 – Седиментационная кривая полидисперсной системы

5 Взять из справочника величину плотности песка (SiO_2) и воды, а также вязкости воды в соответствии с температурой.

Обработка результатов эксперимента

1 По результатам измерений заполнить таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Масса седиментационного осадка

Время от начала опыта, с	*Масса чашки с осадком, мг*	*Масса частиц, мг*

По данным таблицы построить зависимость массы частиц от времени. Показать график преподавателю для разделения на фракции. По уравнениям (1) и (2) найти радиус частиц для каждой фракции, по уравнению (3) – процентное содержание фракций. (Число точек, из которых нужно проводить касательные к кривой и интервалы между ними, задаются преподавателем.)

2 Данные расчетов занести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Расчёт интегральной кривой распределения частиц

Время оседания, с	*Радиус частиц, м*	*Содержание фракций в системе Q , %*

По данным таблицы построить интегральную кривую распределения частиц (Q = f (r)).

3 На основании интегральной кривой заполнить таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчёт дифференциальной кривой распределения частиц

Радиус частиц, м	*Суммарное содержание фракции, %*	*Приращение содержания фракций(ΔQ)*	*ΔQ/Δr*

По данным таблицы построить дифференциальную кривую распределения частиц (ΔQ/Δr = f (r)).

4 На основании дифференциальной кривой определить эффективный радиус частиц суспензии.

Контрольные вопросы

1 Что называют суспензией, эмульсией?

2 Дайте классификацию дисперсных систем с точки зрения их дисперсности.

3 Что такое монодисперсная и полидисперсная система? Изобразите седиментационные кривые для моно-, ди-, полидисперсных систем.

4 Седиментационный анализ. Для чего он применяется?

5 Кривые распределения и методы их построения. Какую информацию дают интегральная и дифференциальная кривые распределения частиц дисперсной фазы по размерам?

6 Седиментометры Фигуровского и Вигнера. Для анализа каких дисперсных систем применяется каждый из них?

7 Как определить по кривой седиментации время оседания самых мелких и самых крупных частиц?

8 Седиментационно-диффузионное равновесие. Уравнение равновесия.

9 Применение центрифуги и ультрацентрифуги.

10 Значение седиментации в природе и технике.

Лабораторная работа № 3

АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ «ТВЕРДОЕ ТЕЛО – РАСТВОР»

Задание

1 Количественно определить адсорбцию уксусной кислоты на угле.

2 Построить изотерму адсорбции (график, отражающий зависимость адсорбции от равновесной концентрации).

3 Определить графически константы в уравнении Фрейндлиха:

$$A = K \cdot C^{\frac{1}{n}}.$$

Выполнение работы

Разбавлением исходного 0,4 н. раствора CH_3COOH приготовить по 100 мл растворов следующих концентраций (моль-экв/л): 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 и 0,0125. В шесть сухих пронумерованных колб с пробками отвесить по 1-1,5 г активированного угля на технохимических весах. В каждую колбу залить по 50 мл приготовленных растворов кислоты. Интенсивно взболтать и оставить стоять на 20-30 мин, чтобы установилось равновесие. Взбалтывать растворы каждые 3-5 мин.

Исходный раствор кислоты и оставшееся количество приготовленных растворов оттитровать с фенолфталеином 0,1 н. раствором щелочи NaOH для установления точной концентрации кислоты. Для титрования брать по 2 мл 0,4 и 0,2 н. растворов, по 5 мл 0,1 и 0,05 н. растворов и по 7 мл 0,025 и 0,0125 н. растворов. Если результаты двух титрований совпадают, титровать дважды. Если нет – титровать три раза и брать среднее значение из трех измерений. Результаты занести в таблицу 3.1 по форме (до адсорбции).

Приготовить шесть сухих колб с воронками, в которые поместить сухие складчатые фильтры. Растворы отфильтровать, отбрасывая первые порции фильтрата (3-5 мл), и фильтрат оттитровать. Результаты титрования снова зане-

сти в таблицу 3.1 (после адсорбции). Уголь после адсорбции перенести в чашку Петри.

Таблица 3.1 – Результаты объемного анализа

До адсорбции			*После адсорбции*		
Объем кислоты, мл	*Объем щелочи, мл*	*Концентрация кислоты (C_1)*	*Объем кислоты, мл*	*Объем щелочи, мл*	*Концентрация кислоты (C_2)*
2			2		
2			2		
5			5		
5			5		
7			7		
7			7		

Массу адсорбированной кислоты для каждой колбы рассчитать по формуле: $A = \Delta C \cdot V/m$,

где ΔC – изменение концентрации кислоты, моль/л;

V – объем раствора, взятый для адсорбции, л;

m – масса адсорбента, г.

Результаты расчетов занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчёт изотермы адсорбции

№ колбы	*Масса угля, г*	*C_1, моль/л*	*C_2, моль/л*	*ΔC, моль/л*	*A, моль/г*

Построить изотерму адсорбции $A = f(C_2)$ и показать график преподавателю для определения точек для логарифмирования.

Вычислить lgA и lgC и построить график, откладывая lgA на оси ординат, а lgC – на оси абсцисс. Рассчитать и записать значения K и 1/n в уравнение Фрейндлиха.

Контрольные вопросы

1 Дайте определение понятиям: сорбция, адсорбция, абсорбция, десорбция. Приведите примеры.

2 Уравнение адсорбции Фрейндлиха. Изотерма адсорбции Фрейндлиха. Применимость уравнения Фрейндлиха.

3 Изобразите график, показывающий зависимость адсорбции газа твердым телом от давления. Покажите, какой вид будет иметь уравнение Фрейндлиха для каждой из трех областей графика: области Генри, переходной области и области насыщения.

4 В чем состоит сущность графического метода определения констант в уравнениях Фрейндлиха и Ленгмюра?

5 Уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра. Основные положения теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Изотерма мономолекулярной адсорбции.

6 Капиллярная конденсация.

7 Факторы, влияющие на величину адсорбции газов и растворённых веществ.

8 В чем отличие физической адсорбции от хемосорбции? Приведите примеры.

9 Виды изотерм адсорбции из раствора. Адсорбционная азеотропия.

10 Применение адсорбции на границе «твердое тело – раствор», «твердое тело – газ».

Лабораторная работа № 4

АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ «РАСТВОР – ВОЗДУХ»

Задание

1 Изучить зависимость поверхностного натяжения от концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) в растворе и построить изотерму

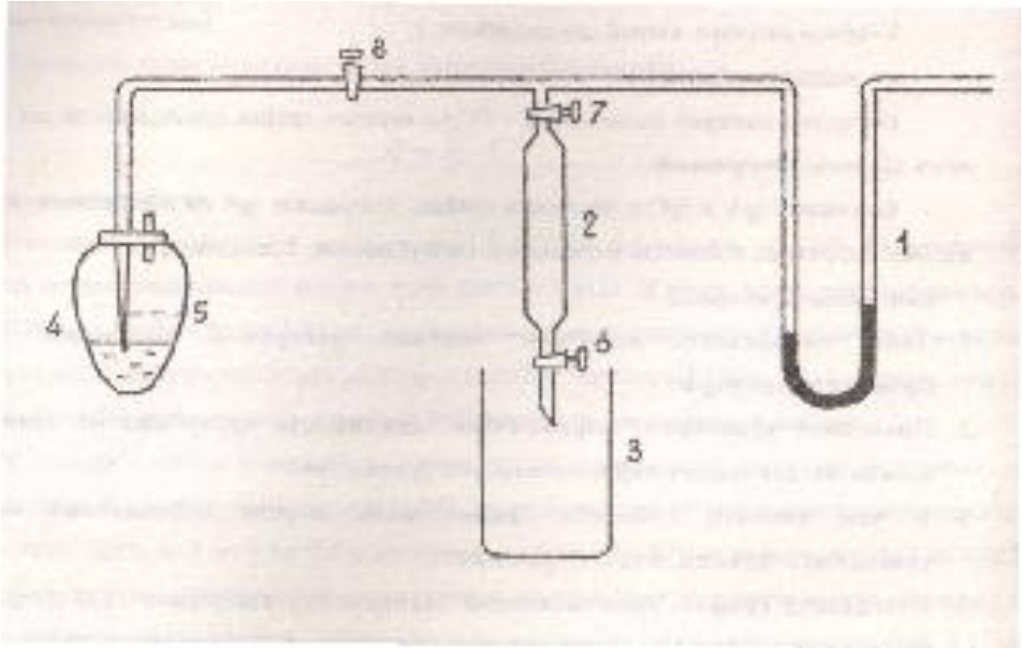
$\sigma = f(c)$.

2 Вычислить адсорбцию Гиббса (Г), предельную адсорбцию (Γ_∞), площадь сечения (s_∞) и длину (l) молекулы ПАВ по уравнениям Гиббса и Ленгмюра, пользуясь графиком $c/\Gamma = f(c)$.

Выполнение работы

1 Приготовить 0,15; 0,10; 0,05 и 0,025 М растворы, разбавляя водой 0,20 М раствор изоамилового спирта (ПАВ). Оставить растворы на 15-20 минут для установления равновесия.

2 Измерить давление образования и отрыва газового пузырька в воде, пользуясь установкой, изображенной на рисунке 4.1.



1 – манометр; 2 – делительная воронка; 3 – стакан;

4 – колба; 5 – капилляр; 6, 7, 8 – краны

Рисунок 4.1 – Установка для измерения поверхностного натяжения растворов

Заполнить водопроводной водой делительную воронку, налить в колбу 4 дистиллированной воды столько, чтобы в нее погрузился кончик капилляра. Открыть краны 7 и 8 (8 – на себя). Выливая воду из делительной воронки (по каплям), приоткрывая кран 6, зафиксировать максимальную разницу уровней колен манометра в момент отрыва пузырька в капилляре. Записать значение h. Выровнять уровень жидкости в манометре, прокрутив кран 8. Повторить измерения 3-4 раза, сравнив значения h. Записать среднее значение в тетрадь.

3 Измерить давление образования и отрыва газового пузырька во всех пяти растворах (ПАВ), переходя от меньшей концентрации к большей. Каждый раствор измерять 4-5 раз и брать среднее значение h.

4 Снова измерить давление образования и отрыва газового пузырька в воде (h_0).

5 Рассчитать поверхностное натяжение (σ) растворов по формуле:

$$\boldsymbol{\sigma = \sigma_0 h / h_0},$$

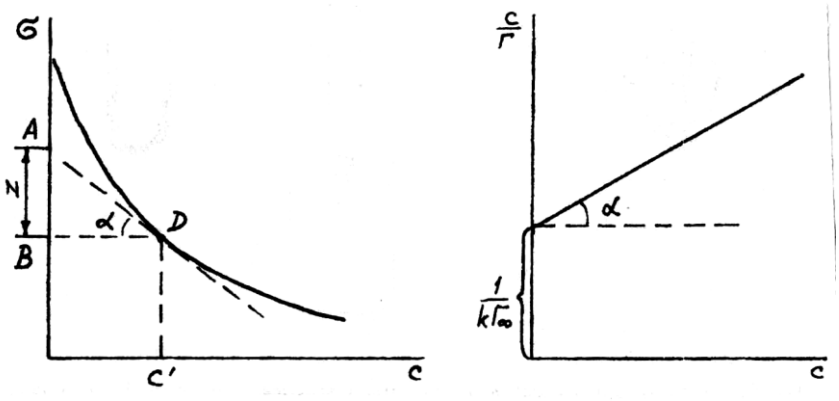
где σ_0 – поверхностное натяжение воды при данной температуре (взять в справочнике). Для воды взять то h_0 из двух измерений, которое больше h для растворов.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчёт изотермы поверхностного натяжения

Концентрация, моль/л	h_1, *мм*	h_2, *мм*	Δh, *мм*	$h_{ср}$	*σ, н/м*
Вода					-
0,025					
0,050					
0,100					
0,150					
0,200					
Вода					

6 Построить кривую изотермы поверхностного натяжения, откладывая на оси ординат (σ), а на оси абсцисс – концентрацию (с).



а *б*

Рисунок 4.2 – Построение изотермы адсорбции по изотерме поверхностного натяжения (а) и определение констант в уравнении Ленгмюра (б)

7 Пользуясь изотермой поверхностного натяжения, рассчитать адсорбцию Гиббса (Г) по уравнению Гиббса: $Г = – C(d\sigma/dc)/RT$.

Для этого к кривой $\sigma = f(c)$ в нескольких точках провести касательные до пересечения их с осью ординат (**точки определяет преподаватель**), провести также прямые, параллельные оси абсцисс, до пересечения их с осью ординат (рисунок 4.2).

Из треугольника ABD $tg\alpha = AB/BD$; $tg\alpha = – (d\sigma/dc)$. Каждой концентрации (c) соответствует отрезок z на оси ординат между касательной и горизонтальной прямой, проведенной через ту же точку. Длина отрезка, выраженная в единицах поверхностного натяжения, равна $z = – C(d\sigma/dc)$. Подставив полученное значение z в уравнение Гиббса, получить $Г = z/RT$. Используя значения z для ряда концентраций, рассчитать адсорбцию. Результаты расчетов занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Расчёт изотермы адсорбции

С, моль/л	*σ, н/м*	*z, н/м*	*Г, моль/м²*	*С/Г*

8 Значение $Г_\infty$ определить графически по уравнению Ленгмюра, преобразованному в уравнение прямой линии:

$$\mathbf{C/Г = 1/kГ_\infty + C/Г.}$$

На рисунке 4.2 б определив $Г_\infty$, найти k. α – угол наклона прямой к оси абсцисс; $1/Г_\infty = tg\alpha$; отрезок AB равен $1/kГ_\infty$.

9 По уравнениям $s_\infty = 1/(Г_\infty N_A)$ и $l = Г_\infty M/d$, зная величину $Г_\infty$, вычислить l и s_∞. M – молярная масса изоамилового спирта, d – плотность изоамилового спирта.

Контрольные вопросы

1 Поверхностная активность. ПАВ и инактивные вещества.

2 Зависимость поверхностной активности от состояния и строения растворенных веществ (для водных растворов).

3 Правило Дюкло – Траубе. Условия его соблюдения. Принцип независимости

поверхностного действия.

4 Явление солюбилизации и основные направления его применения. Моющее действие ПАВ.

5 Зависимость величины адсорбции от концентрации растворенного вещества. Уравнение Шишковского и его связь с уравнением Ленгмюра.

6 Межфазное натяжение, правило Антонова.

7 Определение поверхностного натяжения на подвижных границах раздела фаз. Экспериментальное и теоретическое определение поверхностной энергии твердых тел.

8 Классификация ПАВ по молекулярному строению.

9 Классификация ПАВ по механизму действия.

10 Определение молекулярных констант органических ПАВ.

Лабораторная работа № 5

ХРОМАТОГРАФИЯ

Задание: изучить влияние некоторых факторов на адсорбцию из растворов; научиться проводить анализ и разделение сложных смесей с помощью бумажной и колоночной хроматографии и проводить капиллярный анализ смеси красителей.

Опыт 1. *Влияние растворителя на адсорбцию*

В одну пробирку налить 5 мл водного раствора фуксина, в другую – 5 мл спиртового раствора фуксина, одинаково слабо окрашенных. Внести в обе пробирки по 0,1 г угля, взболтать и профильтровать.

Описать результаты опыта, объяснить, почему из одного из растворителей фуксин не адсорбируется.

Опыт 2. *Адсорбция красителя на стекле*

5%-й раствор метиленового синего налить в пробирку и оставить на 5-10 минут. Затем вылить раствор, ополоснуть пробирку несколько раз дистиллиро-

ванной водой, после чего налить в пробирку 1 мл концентрированной уксусной кислоты. Описать и объяснить наблюдаемые в опыте явления. Какой знак заряда у иона метиленового синего?

Опыт 3. *Разделение катионов методом бумажной хроматографии*

В два узких высоких стаканчика налить: в первый – анализируемый раствор, содержащий ионы меди Cu^{2+} и железа Fe^{3+}, во второй – дистиллированную воду так, чтобы высота столбиков жидкостей в стаканах была одинаковая и не превышала 1 см.

На полоске фильтровальной бумаги (ширина 0,6-0,8 см, длина 10 см) простым карандашом нанести три метки: первую – на расстоянии от конца, равном ширине полоски, вторую – в 1,5 раза дальше от конца, третью – в 3-4 раза дальше второй метки.

Приготовленную таким образом полоску фильтровальной бумаги опустить в стакан с испытуемым раствором до первой метки (следить, чтобы бумага не соприкасалась со стенкой стакана). Когда жидкость поднимется до второй метки, полоску перенести в стакан с водой и оставить её до тех пор, пока жидкость поднимется до третьей метки или чуть выше неё. После этого полоску смочить раствором гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$.

Запишите уравнения реакций ионов Cu^{2+} и Fe^{3+} с гексацианоферратом (II) калия. Укажите цвет образовавшихся комплексных солей.

В какой последовательности расположены зоны ионов Cu^{2+} и Fe^{3+} на хроматограмме? Какой фактор: заряд иона или радиус играет главную роль в этом случае?

Опыт 4. *Капиллярный анализ смеси красителей*

Нанести на фильтровальную бумагу каплю водного раствора метиленового синего и на некотором расстоянии от неё каплю водного раствора эозина.

Смешайте в пробирке равное количество капель растворов этих красителей и нанесите на фильтровальную бумагу каплю этой смеси. Опишите наблюдаемые явления.

Как заряжена поверхность фильтровальной бумаги по отношению к воде? Почему метиленовый синий адсорбируется, а эозин не адсорбируется фильтровальной бумагой?

Опыт 5. *Качественный анализ смеси катионов Co^{2+}, Cu^{2+} и Fe^{3+} методом колоночной хроматографии*

Заполнение колонки адсорбентом производят следующим образом: нижний конец колонки закрывают маленьким рыхлым кусочком ваты, закрепляют колону вертикально и заполняют её суспензией оксида алюминия в воде.

После вытекания воды добавление суспензии повторяют, пока слой адсорбента не составит 3-4 см. Когда высота слоя воды над адсорбентом достигнет 3 см, в колонку добавить 1 мл смеси катионов.

Объяснить последовательность расположения зон ионов.

Контрольные вопросы

1 Правило Панета – Фаянса.

2 Эквивалентная и избирательная адсорбция сильных электролитов.

3 При какой адсорбции на границе раздела возникает разность потенциалов?

4 Сформулируйте правило Ребиндера.

5 Ионообменная адсорбция.

6 Иониты. Классификация ионитов.

7 Применение ионитов.

8 Основы хроматоргафии. Роль М.С. Цвета в создании хроматографического метода анализа.

9 Классификация хроматографических методов по технике выполнения и механизму процесса.

10 Применение хроматографии.

Лабораторная работа № 6

КОАГУЛЯЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

1-е правило Шульце – Гарди: коагуляцию золя вызывает тот ион электролита, заряд которого противоположен по знаку заряду гранулы золя.

2-е правило Шульце – Гарди: коагулирующее действие двухвалентных ионов в 50-70 раз, а трехвалентных – в 500-700 раз выше коагулирующего действия одновалентных ионов.

Порог коагуляции – это минимальная концентрация электролита в золе, при которой начинается быстрая коагуляция.

Задание: изучив теоретические основы устойчивости золей, научиться определять порог коагуляции золей и проводить коллоидную защиту золей.

Выполнение работы

1 Определение порогов коагуляции электролитов и проверка правила Шульце – Гарди визуальным методом

Налить в колбу для титрования 5 мл золя гидроксида железа (III). Из бюретки медленно по каплям при тщательном перемешивании добавить к золю раствор 3-4 н. хлорида натрия. Внимательно следить за началом коагуляции. Признаком начала коагуляции является помутнение золя во всем объеме, свидетельствующее об образовании микродисперсных частиц в результате объединения частиц дисперсной фазы (**сравнивать со свидетелем**). Записать объем израсходованного раствора хлорида натрия.

Повторить действие еще два раза. Результаты опытов занести в таблицу 6.1.

Порог коагуляции электролита вычислить по уравнению: $\gamma = \dfrac{C_э V_э}{V_э + V_{золя}}$,

где $C_э$ – концентрация электролита;

$V_э$ – объем электролита, пошедший на коагуляцию (среднее арифметическое из трех измерений объема по бюретке);

$V_{золя}$ – объем золя, взятый для коагуляции.

Таблица 6.1 – Пороги коагуляции электролитов

№ опыта	*Электролит*	*Объем золя, мл*	*Объем электролита, мл*	*Порог коагуляции, моль/л*

Таким же способом определить порог коагуляции для сульфата натрия (0,1 н.) и фосфата натрия (0,01 н.).

Путем деления единицы на полученные значения пороговых концентраций электролитов вычислить коагулирующее действие электролитов. Сопоставить коагулирующее действие одно-, двух- и трёхвалентных анионов, сравнить полученные значения с правилом Шульце – Гарди.

2 Изучение явления защиты. Определение порога коагуляции для незащищенного и защищенного золя

Налейте в три пробирки по 4,5 мл золя гидроксида железа (III) и по 0,5 мл в первую – воды, во вторую – 1%-й раствор желатина, в третью – 1%-й раствор крахмала. Тщательно перемешайте растворы и добавляйте по каплям из микробюретки или калиброванной пипетки при взбалтывании раствор сульфата натрия $C(Na_2SO_4)$ = 0,2 моль/л до первых признаков помутнения. Запишите объемы электролита, вызвавшие коагуляцию защищенных и незащищенного золей. Рассчитайте пороги коагуляции для:

а) незащищенного золя,

б) золя, защищенного желатином,

в) золя, защищенного крахмалом.

Сравните защитное действие желатина и крахмала. Можно ли защитить золь добавлением воды? Каков механизм защитного действия ВМВ?

Контрольные вопросы

1 Что такое кинетическая и агрегативная устойчивость золей? От каких факторов каждая из них зависит?

2 Дайте определения понятиям: коагуляция, седиментация, скрытая и явная коагуляция. Что называют порогом коагуляции? Как он определяется?

3 Перечислите факторы, при действии которых происходит коагуляция золей.

4 Почему большинство коллоидных систем термодинамически неустойчивы? Сформулируйте правило Шульце – Гарди.

5 Назовите два типа коагуляции по теории ДЛФО.

6 В чём проявляется особенность коагуляции золей под действием смеси электролитов? Что такое аддитивность, синергизм и антагонизм ионов? Покажите это графически. Как эти явления объясняются? Покажите роль антагонизма ионов в жизни живых существ.

7 Что такое взаимная коагуляция? Какое практическое применение находит это явление?

8 Какое явление называется коллоидной защитой? Что является мерой защитного действия? Какое практическое применение находит это явление?

9 Какие ряды называют лиотропными? Что они показывают? В соответствии с какими свойствами располагаются ионы в лиотропный ряд коагулирующей способности?

10 Аномалии коагуляции. Какое явление называется привыканием? Чередование зон коагуляции.

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Вязкость жидкости или внутреннее трение можно характеризовать силой, которую необходимо приложить, чтобы сдвинуть два наложенных один на другой слоя жидкости. Эта сила пропорциональна площади трущихся друг о друга

слоев жидкости, скорости их движения и обратно пропорциональна расстоянию между слоями:

$$P = \eta S \frac{dU}{dx},$$

где η – коэффициент пропорциональности.

Если s = 1 и dU/dx = 1, то P = η и называется *коэффициентом вязкости* (коэффициентом внутреннего трения, динамической вязкостью). [η] – Па•с; кг•с/м^2; дин•с/см^2 (пуаз). Этот коэффициент зависит от природы жидкости и от ее температуры.

Вязкость данной жидкости влияет на время ее истечения через трубку малого диаметра (капилляр): чем больше вязкость данной жидкости, тем больше время ее истечения. В этом случае проявляется *кинематическая вязкость жидкости* – частное от деления динамической вязкости жидкости на ее плотность (м^2/с, см^2/с (стокс)).

Приборы для определения коэффициента внутреннего трения жидкостей и растворов называют вискозиметрами.

Задание: научиться определять вязкость ньютоновских жидкостей, проверить применимость уравнения Эйнштейна.

Ход работы

I *Определение вязкости жидкостей*

1 В чистый вискозиметр (рисунок 7.1) через трубку 1 залить дистиллированную воду, чтобы уровень ее установился между отметками M_3 и M_4. На концы трубок 2 и 3 надеть резиновые трубки: первую – с резиновой грушей, вторую – с зажимом.

2 Засосать грушей при закрытой трубке 3 жидкость в трубку 2 выше отметки M_1.

3 Убрать грушу на трубке 2, затем освободить зажим на трубке 3 и измерить время понижения уровня жидкость в трубке 2 от отметки M_1 до M_2.

4 Следить, чтобы во время истечения жидкости в капилляре не было пузырьков воздуха. Повторить измерение три раза.

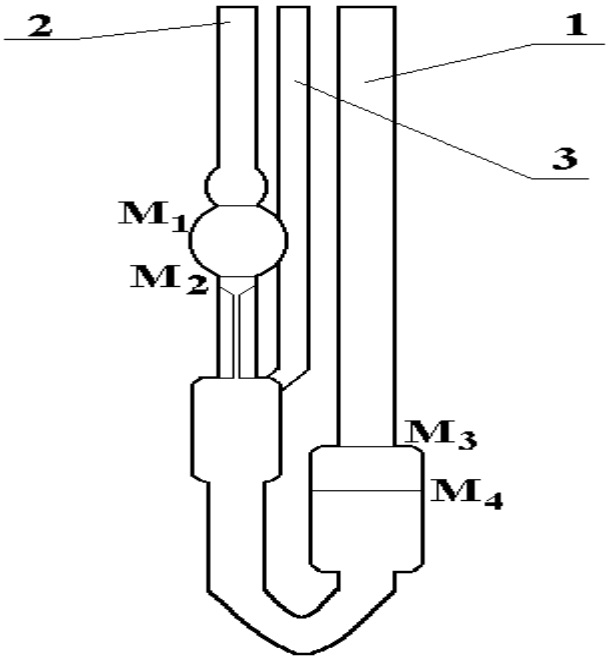


Рисунок 7.1 – Капиллярный вискозиметр

5 Рассчитать кинематическую вязкость воды по формуле:

$$\eta = T \cdot K,$$

где Т – время истечения жидкости (среднее значение из 3-х измерений), с;

К – постоянная вискозиметра _____ $м^2/с^2$.

6 Рассчитать значение динамической вязкости воды, сравнить полученную величину с табличным значением и рассчитать ошибку.

7 Освободить вискозиметр от воды, промыть его золем гидроксида железа (III) и измерить три раза время истечения золя. Вычислить среднее значение времени.

8 Освободить вискозиметр от золя гидроксида железа, хорошо промыть его водой, промыть раствором крахмала, измерить три раза время истечения раствора крахмала и вычислить среднее значение.

9 Освободить вискозиметр от раствора крахмала, хорошо промыть его водой.

10 Плотности золя гидроксида железа и раствора крахмала принять равными 1 г/мл.

11 Рассчитать коэффициент вязкости для этих двух жидкостей по формуле:

$$\eta = \eta_o dt / d_o t_o,$$

где η и η_o – вязкость жидкости и воды (табличное значение);

d и d_o – плотности жидкости и воды (принять равными 1 г/см^3);

t и t_o – время истечения через капилляр жидкости и воды.

12 Сравнить коэффициенты вязкости воды, раствора крахмала и золя гидроксида железа (III) и объяснить полученный результат.

II *Зависимость вязкости растворов от концентрации*

Основы теории вязкости разбавленных лиозолей были заложены Эйнштейном. Связь между вязкостью дисперсной системы и объемной долей дисперсной фазы выражается уравнением:

$$\eta = \eta_0 (1 + \alpha\varphi),$$

где η и η_0 – вязкость дисперсной системы и дисперсионной среды соответственно;

α – коэффициент, зависящий от формы частиц (для сферических частиц $\alpha = 2,5$);

φ – объемная доля дисперсной фазы.

При выводе уравнения предполагалось, что система несжимаема, отсутствует скольжение между частицами и жидкостью, турбулентность и взаимодействие между частицами.

Ход работы:

1 С помощью вискозиметра измерить время истечения через капилляр 50%-го раствора альбумина (желатина, крахмала). Измерение провести три раза и взять среднее значение.

2 Разбавлением 50%-го (по объему) раствора альбумина (желатина, крахмала) в воде приготовить по 25 мл (плотностью пренебречь) растворов следую-

щих концентраций: 40%, 30%, 20%, 10% и 5% (расчеты показать преподавателю).

3 Измерить вязкость растворов, начиная с меньшей объемной доли. Для этого заполнить вискозиметр исследуемым раствором, 2-3 раза прогнать раствор через капилляр, затем три раза измерить время истечения и рассчитать среднее арифметическое значение времени. Рассчитать значение кинематической вязкости, используя формулу $\eta = T \cdot K$. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Кинематическая вязкость растворов биополимера

Объемная доля,%	*5*	*10*	*20*	*30*	*40*	*50*
Среднее время, с						
Вязкость, $м^2/с$						

4 Построить график зависимости вязкости от объемной доли фазы. Установить интервал концентраций, в котором сохраняется линейная зависимость.

5 Дать объяснение результатам опыта.

Контрольные вопросы

1 Какие свойства системы относятся к структурно-механическим? Почему? Как называется наука, изучающая эти свойства? Ламинарное и турбулентное течение жидкости.

2 Упругость, вязкость, пластичность. Реологические модели вязкоупругой жидкости, вязкоупругого и вязкопластического твёрдого материала.

3 Коагуляционные и конденсационные структуры. Приведите примеры.

4 Какое явление называется тиксотропией? Где оно встречается в природе и какое применение находит в технике?

5 Что такое динамическая и кинематическая вязкость, коэффициент вязкости? В каких единицах измеряются эти величины?

6 Методы определения коэффициента вязкости слабоструктурированных жидкостей.

7 Полная реологическая кривая.

8 Уравнение Эйнштейна. Причины аномалии вязкости дисперсных систем.

9 Ползучесть, уравнение Шведова, предел текучести.

10 Разрушение твердообразных структур, эффект Ребиндера.

Лабораторная работа №8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ

Задание: определить ККМ олеата натрия по значениям поверхностного натяжения.

Ход работы

1 Приготовить из раствора олеата натрия $C_{17}H_{35}COONa$ с молярной концентрацией 0,01 моль/л растворы следующих молярных концентраций: 0,005, 0,0025, 0,001 моль/л. Из раствора 0,001М приготовить растворы $5 \cdot 10^{-4}$, $2,5 \cdot 10^{-4}$, $1,25 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Растворы нужно готовить в колбах с закрытыми пробками для уменьшения взаимодействия с CO_2 воздуха. Посуду и пипетки предварительно необходимо тщательно промыть хромовой смесью, сполоснуть водой – сначала водопроводной, затем – дистиллированной.

2 С помощью прибора Ребиндера измерить разность давлений в обоих концах манометра (лабораторная работа № 4, пункт 2). Измерения следует начинать с наиболее разбавленного раствора и заканчивать наиболее концентрированным. Перед каждым измерением прибор промывать соответствующим раствором. Ввиду медленного установления равновесия в поверхностном слое скорость образования пузырька должна составлять 1-1,5 с. Данные измерений занесите в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Расчёт изотермы поверхностного натяжения

Концентрация раствора С, моль/л	*Давление Р, мм рт. ст.*	*Поверхностное натяжение σ, н/м*	*lgC*
$1{,}25 \cdot 10^{-4}$			
$2{,}5 \cdot 10^{-4}$			
и т.д.			

3 Постройте график зависимости σ от –lgC (рисунок 8.1).

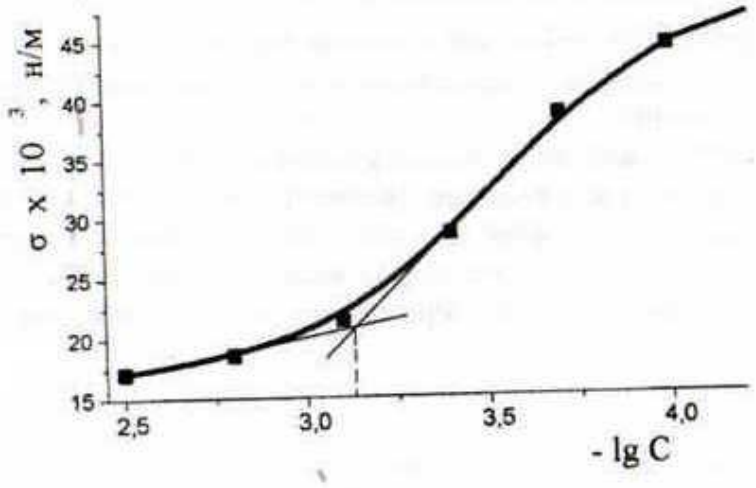


Рисунок 8.1 – Изотерма поверхностного натяжения

4 По полученной кривой найдите –lgККМ и определите ККМ.

Контрольные вопросы

1 Строение мицеллы коллоидных ПАВ в разбавленных и концентрированных растворах.

2 Что такое критическая концентрация мицеллообразования? Какие существуют методы её определения?

3 Как и почему изменяется поверхностное натяжение при мицеллообразовании в растворах коллоидных ПАВ?

4 Какие равновесия устанавливаются в растворе коллоидного ПАВ?

5 Что такое солюбилизация? Каково применение солюбилизации?

6 Двумерное состояние вещества в поверхностном слое. Поверхностное давление.

7 Весы Ленгмюра: их устройство и работа.

8 Как определить агрегатное состояние пленки из анализа изотермы ее поверхностного давления.

Лабораторная работа № 9

СВОЙСТВА ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЕЩЕСТВ

Задание: определить молекулярную массу и изоэлектрическую точку желатина.

Ход работы

1 Определение изоэлектрической точки желатина по минимуму набухания

В шесть узких пробирок одинакового диаметра внести по 0,2 г порошка желатина и измерить линейкой высоту порошка (H_0). В шести других пробирках приготовить ацетатные буферные растворы с заданным соотношением кислоты и соли концентрацией 0,1 моль/л. Рассчитать теоретически pH буферных растворов **($pH = pK_a - lg(C_к/C_с)$)**, затем (для сравнения) определить pH этих растворов потенциометрическим методом. Приготовленные растворы перенести в пробирки, содержащие навеску желатина, осторожно встряхнуть и оставить стоять на 45 минут. Снова встряхнуть содержимое пробирок, дать осесть, и при помощи линейки определить высоту порошка (H) и рассчитать степень набухания по приросту высоты по формуле:

$$\propto = \frac{H - H_0}{H_0} \times 100\%,$$

где H – высота порошка после набухания,

H_0 – высота порошка до набухания.

Данные внести в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Степень набухания желатина

№ пробирки	*Буферная смесь V, мл*		*pH смеси*	*Высота столба желатина H, мм*	*Степень набухания α, %*
	кислота	*соль*			
1	9	1			
2	7	3			
3	5	5			

4	3	7			
5	1	9			
6	Вода 10 мл				

Построить график зависимости α – pH. Определить значение изоэлектрической точки по минимуму набухания.

2 Влияние растворителя на набухание резины

В узкую пробирку поместить предварительно измеренный отрезок резины (4-5 см), залить органический растворитель и положить горизонтально так, чтобы резина была полностью погружена в растворитель. Другой отрезок резины поместить в пробирку с водой. Через каждые 3 минуты замерять длину резины до тех пор, пока не прекратится набухание.

По полученным данным построить график зависимости длины резины от времени набухания.

В каком растворителе наблюдается набухание? Ограниченное или неограниченное набухание наблюдается в этом опыте? Рассчитайте степень набухания резины в этом опыте.

3 Определение средней молекулярной массы желатина вискозиметрическим методом

Измерить время истечения в капиллярном вискозиметре сначала дистиллированной воды, затем растворов желатина с массовой долей 1%, 1,5%, 2%, 2,5% (см. работу № 7). Вискозиметр должен быть предварительно промыт хромовой смесью, затем дистиллированной водой и высушен.

Вискозиметр закрепляется в штативе вертикально. Объем жидкости, заливаемой в вискозиметр, во всей серии опытов должен быть постоянным. Для каждого раствора измерения повторяют 2-3 раза. Измерения начинают с наименее концентрированного раствора. При смене раствора необходимо каждый раз ополаскивать им вискозиметр. Отработанные растворы желатина выливать в специальную сливную склянку.

Рассчитать относительную, удельную и приведенную вязкость растворов:

$\boldsymbol{\eta_{отн} = \tau \cdot d/\tau_0 \cdot d_0}$ (d и d_0 – плотности раствора и воды считать равными, τ и τ_0 – время истечения раствора и воды соответственно);

$\boldsymbol{\eta_{уд} = \eta_{отн} \cdot \eta_0}$ (η_0 – вязкость воды (табличное значение));

$\boldsymbol{\eta_{прив} = \eta_{уд}/C}$ (C – весовая концентрация ВМВ).

Данные занести в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Относительная, удельная и приведённая вязкость растворов желатина

Концентрация раствора, %	*Время истечения раствора, с*	$\eta_{отн}$	$\eta_{уд}$	$\eta_{прив}$
0, вода				
1				
1,5				
2				
2,5				

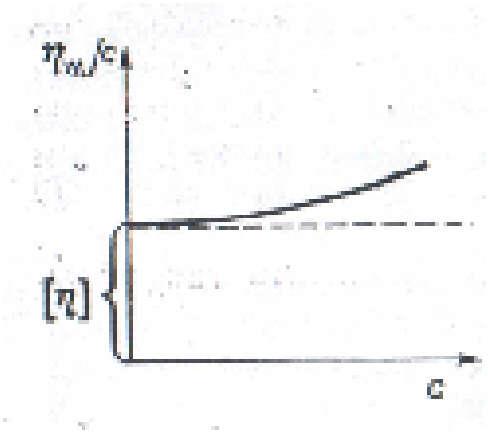


Рисунок 9.1 – Зависимость приведённой вязкости от концентрации

Построить график зависимости $\eta_{прив}$ от концентрации C. По отрезку, отсекаемому прямой на оси ординат, определить характеристическую вязкость [η] (рисунок 9.1). Молекулярную массу рассчитать по уравнению: $\boldsymbol{[\eta] = KM^{\alpha}}$, после логарифмирования которого получим:

$$\mathbf{lgM = (lg[\eta] - lgK)/\alpha}.$$

Для растворов желатина в воде $\alpha = 0{,}5$; $K = 9{,}3 \cdot 10^{-4}$. Зная lgM, определить молярную массу M желатина.

Контрольные вопросы

1 Назовите стадии процесса растворения ВМВ и перечислите основные его особенности.

2 Какие полимеры имеют ограниченное набухание?

3 В каких растворителях можно получить латекс натурального каучука?

4 Какие растворы подчиняются законам Ньютона и Пуазейля?

5 Что происходит с длинноцепными макромолекулами, имеющими глобулярную конформацию, при течении их растворов?

6 Как ведут себя макромолекулы в концентрированных растворах ВМВ?

7 Вязкость каких систем описывается уравнением Штаудингера?

8 От чего зависит приведенная вязкость?

9 Какое уравнение зависимости вязкости от молекулярной массы полимера учитывает взаимодействие макромолекул в растворе?

10 Какую конформацию должны иметь макромолекулы в крови и плазмозаменителях?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1 Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. М. : Химия, 1975. 512 с.

2 Щукин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. М. : Высшая школа, 2004. 445 с.

3 Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. СПб. : Химия, 1995. 350 с.

4 Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. М. : Химия, 1982. 400 с.

5 Шелудко А. Д. Коллоидная химия. М. : Мир, 1984. 319 с.

Дополнительная

1 Слесарев В. И. Химия: основы химии живого. СПб. : Химиздат, 2000. 768 с.

2 Химическая энциклопедия. М. : Большая Российская энциклопедия. Т. 1-5, 1988-1998.

3 Зимон А. Д. Занимательная коллоидная химия. М. : РАДЕКОН. 1998. 193 с.

4 Зимон А. Д. Занимательная физическая химия. М. : ВЛАДМО. 1998. 176 с.

5 Абрамсон А. А. Поверхностно-активные вещества. Л. : Химия, 1975. 246 с.

6 Мителл К. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии / пер. с англ.; под ред. В. Н. Измайловой. М. : Мир. 1980. 597 с.

7 Зимон А. Д. Аэрозоли. М. : Химия, 1993. 202 с.

8 Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М. : Мир, 1979. 567 с.

9 Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах: коллоидная химия. М. : Химия, 1978. 368 с.

10 Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах: физико-химическая механика. М. : Химия, 1979. 381 с.

11 Шелудко А. Коллоидная химия. М. :Химия, 1960. 332 с.

12 Зонтаг Г., Штренге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Л.: Химия, 1973. 149 с.

13 Сумм Б. Д., Горюнов Ю. В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М. : Химия, 1976. 230 с.

14 Измайлова В. Н., Ребиндер П. А. Структурообразование в белковых системах. М. : Химия, 1974. 174 с.

15 Григоров О. Н. Электрокинетические явления. Л. : Химия, 1973. 198 с.

16 Шварц А., Перри Дж., Берч Дж. Поверхностно-активные вещества и моющие средства. М. : Мир, 1960. 555 с.

Методическая

1 Расчеты и задачи по коллоидной химии / под ред. В. И. Барановой. М. : Высшая школа, 1989. 288 с.

2 Практикум по коллоидной химии / под ред. И. С. Лаврова. М. : Высшая школа, 1983. 216 с.

3 Захарченко В. Н. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии. М. : Высшая школа, 1978. 175 с.

Анна Ивановна Рыкова

К О Л Л О И Д Н А Я Х И М И Я

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по коллоидной химии
для студентов направления 020201.65
«Фундаментальная и прикладная химия»

Редактор Г.В. Меньщикова

Подписано в печать 01.03.17 Формат 60*84 1/16 Бумага 65 г/м^2
Печать цифровая Усл .печ. л. 2,5 Уч.-изд. л. 2,5
Заказ №29 Тираж 20 Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.