

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физической и органической химии

## **КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по коллоидной химии  
для студентов специальности 011000 – Химия

Курган 2004

Кафедра физической и органической химии

Дисциплина: Коллоидная химия (специальность 011000)

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

Утверждены на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_2004 г.

Рекомендованы методическим  
советом университета

«\_\_»\_\_\_\_\_2004 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа № 1. Получение дисперсных систем.</b> .....	4
<b>Лабораторная работа № 2. Седиментационный анализ суспензии.</b> .....	6
<b>Лабораторная работа № 3. Адсорбция на границе твердое тело – раствор....</b>	10
<b>Лабораторная работа № 4. Адсорбция на границе раствор – воздух</b> .....	11
<b>Лабораторная работа № 5. Коагуляция дисперсных систем.</b> .....	14
<b>Лабораторная работа № 6. Определение вязкости слабоструктурированных жидкостей.</b> .....	17
<b>Список литературы.</b> .....	21

## 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 золь. 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 адсорбируется бумагой и образует равномерно окрашенное пятно.

### Задание

1. Получить золи, в химических методах написать уравнения реакций и формулы мицелл.
2. Для слабо окрашенных золь (серы, серебра, гидроксида железа (Ш)) отметить степень опалесценции.
3. Для сильно окрашенных золь (двуокиси марганца, берлинской лазури) отметить цвет и определить знак заряда частиц.

### **Физические методы получения золь**

#### *1. Метод замены растворителя*

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

#### *2. Метод диспергирования*

В 2 пробирки с пробками влить по 9 мл воды. В одну из пробирок прибавить 1 лопаточку измельченного хозяйственного мыла. Прибавить в обе пробирки по 1 мл керосина (бензола, толуола), хорошо взболтать до тех пор, пока не получится сравнительно высокодисперсная эмульсия. Наблюдайте за устойчивостью частиц эмульсии без стабилизатора (мыло) и со стабилизатором. Сделайте вывод о влиянии стабилизатора на скорость коалесценции частиц эмульсии. Определите время полного разделения фаз в неустойчивой эмульсии.

### **Химические методы получения золь**

#### *1. Метод гидролиза*

Нагреть до кипения 50 мл дистиллированной воды. Добавить по каплям 10 мл 2%-ного  $\text{FeCl}_3$  и кипятить еще несколько минут. Мицелла образуется за счет адсорбции ионов  $\text{FeO}^+$  на поверхности частиц  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 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 0,005н.  $\text{FeCl}_3$  и 0,005н.  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в следующих соотношениях: а) 3 мл  $\text{FeCl}_3$  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  $\text{FeCl}_3$ . 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.  $\text{AgNO}_3$  в 100 мл дистиллированной воды. Добавить 2-3 капли 1%-ного раствора  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , сухого танина на кончике шпателя и нагреть. При нагревании интенсивность окраски раствора усиливается. Танин  $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$  окисляется до флобафенов  $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{49}$ . На поверхности агрегатов адсорбируются ионы  $\text{AgO}^-$ ; противоионами являются ионы калия.

### 3.2. Получение золя двуокиси марганца

Перманганат калия восстанавливается тиосульфатом натрия до двуокиси марганца. К 1 мл 1,5%-ного раствора  $\text{KMnO}_4$  в пробирке добавить 10 мл воды. По каплям из пипетки ввести 0,5 мл 1%-ного раствора тиосульфата натрия. Потенциалопределяющие ионы  $\text{MnO}_4^-$ , противоионы  $\text{K}^+$ .

## 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%-ного раствора  $\text{FeCl}_3$ . Полученный осадок перенести на фильтр, промыть водой. Фильтрат вылить, а осадок залить на фильтре 2-3 мл 2%-ного раствора щавелевой кислоты и осторожно размешать. Осадок быстро пептизируется и через фильтр стекает интенсивно окрашенный золь берлинской лазури. Анион  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  сильно адсорбируется на частицах осадка, сообщая им заряд и агрегативную устойчивость, противоионами служат катионы  $\text{H}^+$ .

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

Отмерить 50 мл дистиллированной воды и 1 мл 10%-го раствора хлорида железа  $\text{FeCl}_3$  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  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в пипетку на 2 мл. Составить и заполнить следующий ряд из пяти пробирок:

Номер пробирки	Контроль	1	2	3	4
V (Fe(OH) <sub>3</sub> ), мл	2	2	2	2	2
V (H <sub>2</sub> O), мл	5	4,8	4,6	4,4	4,2
V (FeCl <sub>3</sub> ), 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.

### 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.
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. Поляризация света, диаграммы Ми.
9. Оптические свойства дисперсных систем.
10. Оптические методы исследования дисперсных систем.

### Лабораторная работа № 2

### СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СУСПЕНЗИИ

Скорость седиментации (оседания) частиц дисперсии зависит от различия плотности частиц дисперсной фазы ( $\rho$ ) и дисперсионной среды ( $\rho_0$ ), вязкости среды ( $\eta$ ) и радиуса частиц ( $r$ ):

$$V = 2r^2(\rho - \rho_0)g/9\eta \quad (1),$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

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

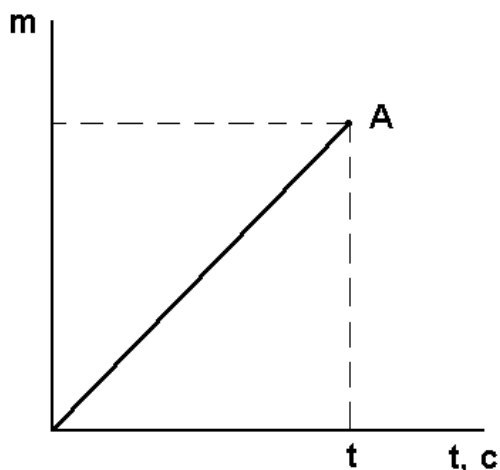


Рис. 2.1.

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 (рис. 2.2).

По величинам  $h$  и  $t$  также можно определить скорость оседания:  $V = h/t$  (2).

Для полидисперсных систем график седиментации имеет вид кривой с бесконечно большим числом изломов (рис. 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 касательные до пересечения с осью ординат. Полученные отрезки показывают массу выбранных фракций. Определив массы отдельных фракций  $m_i$  и массу осадка после полного осаждения суспензии  $m_{\text{макс}}$ , рассчитывают процентное содержание отдельных фракций ( $Q_i$ ):

$$Q_i = m_i \cdot 100\% / m_{\text{макс}} \quad (3).$$

### Ход работы

1. В стакан для суспензии (рис. 2) (цилиндр объемом 1 л) налить водопроводной воды и погрузить в нее чашку. Измерить массу пустой чашки и глубину ее погружения ( $h$ ) с точностью  $\pm 1$  мм. Термометром измерить температуру воды.
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 секунд определить массу чашки с осадком.
4. Проводить измерения массы чашки с осадком три раза через 30 сек., затем через каждую минуту. Опыт считается законченным, если масса чашки с осадком не изменяется в течение 5 мин.

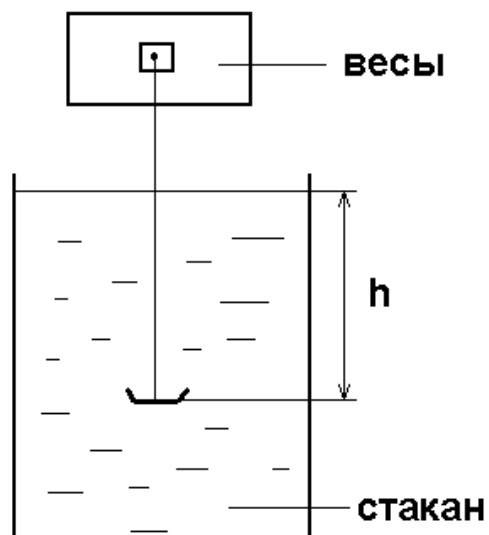


Рис. 2.2.

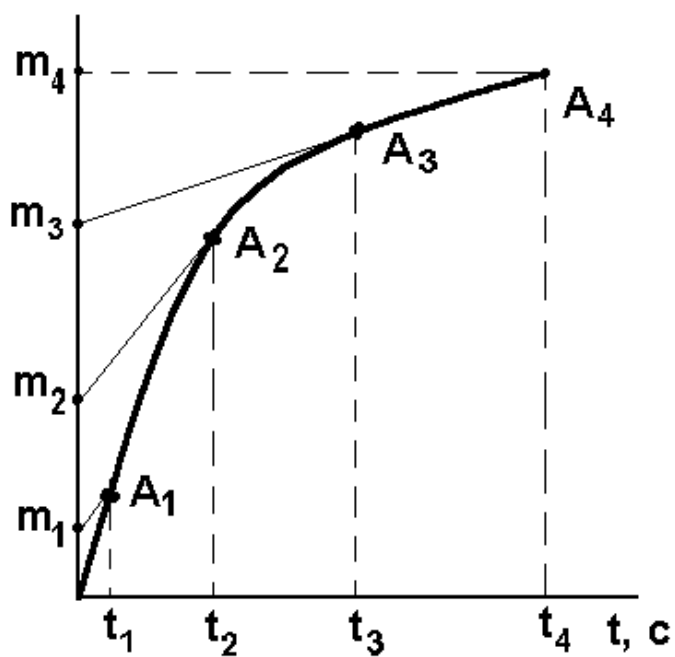


Рис. 2.3.

5. Взять из справочника величину плотности песка ( $\text{SiO}_2$ ) и воды и вязкости воды в соответствии с температурой.

### Обработка результатов эксперимента

1. По результатам измерений заполнить табл. 2.1.

Таблица 2.1

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



По данным таблицы построить зависимость массы частиц от времени. 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 табл. 2.2.

Таблица 2.2

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 табл. 2.3.

Таблица 2.3

Радиус частиц, м	Суммарное содержание фракции, %	Приращение содержания фракций	$\Delta Q/\Delta r$

По данным таблицы построить дифференциальную кривую распределения частиц ( $\Delta Q/\Delta r = f(r)$ ).

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? Вид седиментационной кривой для различных систем.
4. Седиментационный анализ, для чего он применяется?
5. Кривые распределения и методы их построения.
6. Седиментометр Фигуровского, седиментометр 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  $\text{CH}_3\text{COOH}$  приготовить по 100 мл растворов следующих концентраций (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 теххимических 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 табл. 3.1 по форме (до адсорбции).

Таблица 3.1

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		

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 занести в табл. 3.1 (после адсорбции).

Уголь после адсорбции перенести в чашку Петри.

Массу адсорбированной кислоты для каждой колбы рассчитать по формуле:

$$A = (C_1 - C_2)V/m,$$

где  $C_1$ - исходная концентрация кислоты, моль/л;

$C_2$  - равновесная концентрация кислоты, моль/л;

$V$ - объем раствора, взятый для адсорбции, л;

$m$  - масса адсорбента, г.

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

Вычислить  $\lg A$  и  $\lg C$  и построить график, откладывая  $\lg A$  на оси ординат, а  $\lg C$ - 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. Приведите уравнения, выражающие зависимость адсорбции от давления. При всяких ли давлениях справедливы эти уравнения?
3. В чем состоит сущность графического метода определения констант в уравнениях Фрейндлиха и Ленгмюра?
4. 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.
5. В чем отличие физической адсорбции от хемосорбции? Приведите примеры.
6. Виды изотерм адсорбции из раствора. Адсорбционная азеотропия.
7. Обменная адсорбция из раствора. Хроматография и основные направления ее использования.
8. Ионный обмен в природе.

### 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 ( $\Gamma$ ), предельную адсорбцию ( $\Gamma_{\infty}$ ), 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).
2. Измерить давление образования и отрыва газового пузырька в воде, пользуясь установкой, изображенной на рис. 4.1.

*Рис. 4.1.* Установка для измерения поверхностного натяжения растворов:

1 – манометр; 2 – делительная воронка; 3 – стакан; 4 – колба; 5 – капилляр; 6 – 8 – краны.

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 ( $\sigma$ ) растворов по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 h / h_0,$$

где  $\sigma_0$  – поверхностное натяжение воды при данной температуре (взять в справочнике). Для воды взять то  $h_0$  из двух измерений, которое больше  $h$  для растворов.

6. Построить кривую изотермы поверхностного натяжения, откладывая на оси ординат ( $\sigma$ ), а на оси абсцисс – концентрацию ( $c$ ).

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

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 (рис. 4.2).

*a*

*б*

*Рис. 4.2.* Построение изотермы адсорбции по изотерме поверхностного натяжения (*a*) и определение констант в уравнении Ленгмюра(*б*)

Из треугольника ABD  $\operatorname{tg} \alpha = AB/BD$ ;  $\operatorname{tg} \alpha = - (d\sigma/dc)$ . 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, получим  $\Gamma = z/RT$ . Используя значения  $z$  для ряда концентраций, рассчитать адсорбцию. Результаты расчетов занести в таблицу:

С, моль/л	$\Sigma$ , н/м	z, н/м	$\Gamma$ , моль/м <sup>2</sup>	С/Г

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

$$C/\Gamma = 1/k\Gamma + C/\Gamma$$

На рис. 4.2,  $\beta$   $\alpha$  - угол наклона прямой к оси абсцисс;  $1/\Gamma = \text{tg}\alpha$ ; отрезок АВ равен  $1/k\Gamma$ .  
Определив  $\Gamma$ , затем найти  $k$ .

9. По уравнениям  $s = 1/\Gamma N_A$  и  $l = \Gamma M/d$ , зная величину  $\Gamma$ , 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 солубилизации 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

### 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.

## Выполнение работы

### 1. Определение порогов коагуляции и знака заряда частиц золя визуальным методом

Приготовить золь иодида серебра: в стакане к 5 мл 0,05 н. раствора KI добавить 6 мл воды и 0,5 мл 0,05 н. раствора  $\text{AgNO}_3$ , хорошо перемешать. Образуется голубоватый опалесцирующий золь иодида серебра.

Работа будет проводиться с приготовленным золем и четырьмя растворами электролитов, содержащих анионы и катионы разной валентности:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Для каждого электролита следует готовить свежий золь.

В десять чистых и сухих пробирок наливают по 1 мл коллоидного раствора; в первую из них добавляют 1 мл дистиллированной воды – эта пробирка будет служить эталоном для сравнения.

Во вторую пробирку с золем наливают 1 мл одного из растворов электролита; после перемешивания через определенное одинаковое время (2 – 5 мин.) сравнивают с эталоном. Результат наблюдения записывают в таблицу следующими условными обозначениями:

Отсутствие коагуляции	-
Слабое помутнение (изменение цвета)	+
Сильное помутнение	++
Выпадение осадка	+++

В чистую пробирку наливают 1 мл раствора того же электролита, добавляют из бюретки 1 мл воды (т.е. разбавляют раствор вдвое), после перемешивания отбирают пипеткой 1 мл полученного раствора, приливают его в следующую (третью) пробирку с золем и сравнивают полученную систему с эталоном. Результат наблюдения каждый раз записывают в таблицу:

№	$\text{KNO}_3$		$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$		$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$		$\text{K}_2\text{SO}_4$	
	С, моль/л	Эффект коагул.	С, моль/л	Эффект коагул.	С, моль/л	Эффект коагул.	С, моль/л	Эффект коагул.

Разбавление раствора электролита продолжают до тех пор, пока не будет обнаружен переход от коагуляции к устойчивому состоянию. Порог коагуляции находят для четырех электролитов.

При определении коагулирующей концентрации электролита  $C_{\text{кр}}$  нужно учитывать разбавление раствора электролита золем: концентрация его в смеси с золем вдвое меньше концентрации в добавляемом растворе.

Сравнив найденные значения порогов коагуляции различных электролитов, определяют знак иона-коагулятора и, соответственно, знак заряда коллоидных частиц исследуемого золя. Затем по экспериментальным данным находят отношение порогов коагуляции для трех электролитов,

содержащих ионы-коагуляторы разных валентностей (например,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  для отрицательно заряженного золя), для чего найденные значения порогов коагуляции делят на наименьшее его значение – в приведенном примере на  $C_{\text{кр}} \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ . Полученные результаты сравнивают с вычисленными теоретически по Дерягину:  $C_{\text{кр}}^{\text{I}} : C_{\text{кр}}^{\text{II}} : C_{\text{кр}}^{\text{III}} = 729 : 11 : 1$ .

## 2. Изучение явления защиты

Оттитровать 10 мл золя  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  0,02М раствором  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  до помутнения раствора. В другой пробирке к 10 мл золя  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  добавить 1 мл 0,5%-ного раствора желатина. Перемешать и добавить столько раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , сколько надо для коагуляции золя без желатина. Отметить, произошла ли защита. В третьей пробирке к 10 мл золя, защищенного 1 мл желатина, добавить небольшое количество сухого порошка сульфата аммония, нарушающего устойчивость раствора желатина. Описать явление. Объяснить, почему белые хлопья желатина, выпавшие вначале, окрашиваются затем в жёлтый цвет.

## Контрольные вопросы

1. Что такое кинетическая и агрегативная устойчивость зольей? 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 зольей.
4. В чём проявляется особенность коагуляции зольей 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.
5. Что такое взаимная коагуляция? Какое практическое применение находит это явление?
6. Какое явление называется коллоидной защитой? Что является мерой защитного действия? Какое практическое применение находит это явление?
7. Какие ряды называют лиотропными? Что они показывают? В соответствии с какими свойствами располагаются ионы в лиотропный ряд коагулирующей способности?
8. Какое явление называется привыканием?



## 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  $\eta$  - коэффициент пропорциональности.

Если  $s = 1$  и  $dU/dx = 1$ , то  $P = \eta$  и называется *коэффициентом вязкости* (коэффициентом внутреннего трения, динамической вязкостью). [  $\eta$  ] – Па·с; кг·с/м<sup>2</sup>; дин·с/см<sup>2</sup> (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<sup>2</sup>/с, см<sup>2</sup>/с (стокс)).

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

### Ход работы

#### I. Определение вязкости жидкостей

1. В чистый вискозиметр (рис. 6.1) 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.

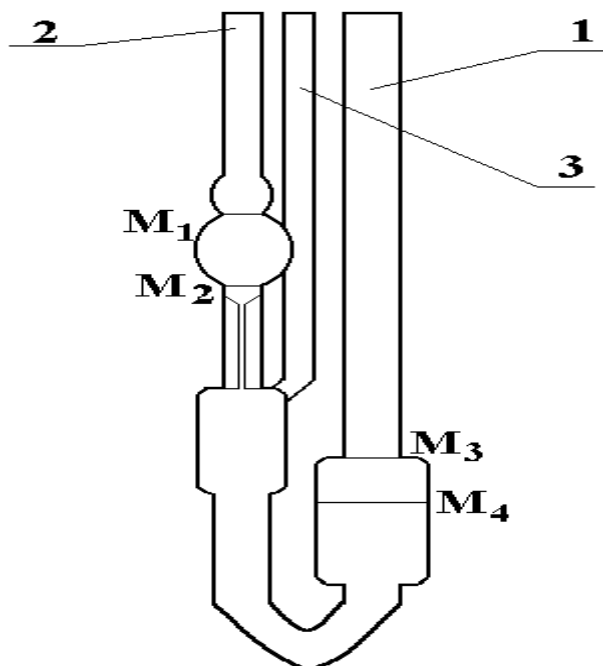


Рис. 6.1

5. Рассчитать кинематическую вязкость воды по формуле:

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

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

$K$  – постоянная вискозиметра \_\_\_\_\_  $\text{м}^2/\text{с}^2$ .

6. Рассчитать значение динамической вязкости воды, сравнить полученную величину с табличным значением и рассчитать ошибку.
7. Освободить вискозиметр от воды, промыть его золей 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:

$$\eta = \eta_0 d t / d_0 t_0,$$

где  $\eta$  и  $\eta_0$  – вязкость жидкости и воды (табличное значение);

$d$  и  $d_0$  – плотности жидкости и воды (табличное значение);

$t$  и  $t_0$  – время истечения через капилляр жидкости и воды.

12. Сравнить коэффициенты вязкости воды, раствора крахмала и золя гидроксида железа (3) 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  $\eta$  и  $\eta_0$  – вязкость дисперсной системы и дисперсионной среды соответственно;  
 $\alpha$  - коэффициент, зависящий от формы частиц (для сферических частиц  $\alpha = 2,5$ );  
 $\varphi$  - объемная доля дисперсной фазы.

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

Задание: проверить применимость уравнения Эйнштейна.

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 следующих 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. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Объемная доля, %	5	10	20	30	40	50
Среднее время, с						
Вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$						

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. Реологические модели: упругость, вязкость, пластичность.
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.

## Список литературы

### *Основная*

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М., 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., 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, 1988-1998гг.
3. Зимон А.Д. Занимательная коллоидная химия. М.: РАДЕКОН. 1997, 1998. 193с.
4. Зимон А.Д. Занимательная физическая химия. М.: ВЛАДМО. 1998. 176с.
5. Абрамсон А.А. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1975. 246с.
6. Мителл К. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии /Пер. с англ.; под ред. В.Н. Измайловой. М., Мир. 1980. 597с.
7. Зимон А.Д. Аэрозоли. М. Химия, 1993. 202 с.
8. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М., 1979. 567 с.
9. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Коллоидная химия. М., 1978. 368 с.
10. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Физико-химическая механика. М., 1979. 381 с.
11. Шелудко А. Коллоидная химия. М., 1960. 332 с.
12. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Л., 1973. 149 с.
13. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М., 1976. 230 с.
14. Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. М., 1974.
15. Григоров О.Н. Электрокинетические явления. Л., 1973. 198 с.
16. Шварц А., Перри Дж., Берч Дж. Поверхностно-активные вещества и моющие средства. М., 1960. 555 с.

### *Методическая*

1. Расчеты и задачи по коллоидной химии / Под ред. В.И.Барановой. М., 1989. 288 с.
2. Практикум по коллоидной химии / Под ред. И.С. Лаврова. М., 1983. 216 с.
3. Захарченко В.Н. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии. М., 1978. 175 с.

Анна Ивановна Рыкова

## **Х И М И Я**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по коллоидной химии  
для студентов специальности 011000 – Химия

Редактор Т.В. Тимофеева

---

Подписано к печати		Бумага типа №1
Формат 60*84 1/16	Усл.п.л. 1,5	Уч. изд.л. 2,0
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

---

Издательство Курганского государственного университета.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет, ризограф.

---