

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физической и органической химии

Х И М И Я

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по физической и коллоидной химии
для студентов специальности 011600 – Биология

Курган 2004

Кафедра физической и органической химии

Дисциплина: Химия (специальность 011600)

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

Утверждены на заседании кафедры « ____ » _____ 2004 г.

Рекомендованы методическим
советом университета

« ____ » _____ 2004 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Кинетика и катализ | 4 |
| Растворы. Коллигативные свойства растворов неэлектролитов | 5 |
| Растворы электролитов. Электропроводность растворов электролитов | 6 |
| Способы выражения концентрации растворов. Правила приготовления растворов..... | 8 |
| Лабораторная работа № 1. Приготовление растворов..... | 8 |
| Явления капиллярности и смачивания. Адсорбция | 9 |
| Органические ПАВ. Лиофильные коллоидные системы, их роль в технологических процессах и биологических системах | 10 |
| Получение дисперсных систем. Поверхностные явления. | 11 |
| Свойства дисперсных систем | 11 |
| Устойчивость и коагуляция дисперсных систем | 13 |
| Виды дисперсных систем (эмульсии, пены, аэрозоли) | 14 |
| Лабораторная работа № 2. Получение зелей и их характеристика..... | 15 |
| Лабораторная работа № 3. Седиментационный анализ | 17 |
| Лабораторная работа № 4. Изучение адсорбции на границе твердое тело – раствор | 20 |
| Лабораторная работа № 5. Изучение адсорбции на границе раствор – воздух..... | 22 |
| Лабораторная работа № 6. Коагуляция дисперсных систем | 25 |
| Лабораторная работа №7. Определение коэффициента вязкости..... | 27 |
| Список литературы..... | 31 |

Кинетика и катализ

Вопросы

1. Средняя скорость реакции. Методы определения скорости.
2. Факторы, влияющие на скорость химической реакции:
 - природа реагирующих веществ;
 - концентрация реагентов;
 - температура;
 - катализатор.
3. Ферментативный катализ.

Задачи

1. Дана начальная скорость реакции $A + B = \text{продукты}$.

| Опыт | Начальная концентрация, моль/л | | Начальная скорость, моль/(л с) |
|------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| | вещества A | вещества B | |
| 1 | 0,5 | 1,0 | 2 |
| 2 | 0,5 | 2,0 | 8 |
| 3 | 0,5 | 3,0 | 18 |
| 4 | 1,0 | 3,0 | 36 |
| 5 | 2,0 | 3,0 | 72 |

Найти порядок по каждому из реагентов, общий порядок реакции и константу скорости по данным опыта 3.

2. В таблице дана начальная скорость для реакции $2A + B = C + D$.

| Опыт | Начальная концентрация, моль/л | | Начальная скорость, моль/(л с) |
|------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| | вещества A | вещества B | |
| 1 | 0,15 | 0,25 | $1,4 \cdot 10^{-5}$ |
| 2 | 0,15 | 0,50 | $5,6 \cdot 10^{-5}$ |
| 3 | 0,075 | 0,50 | $2,8 \cdot 10^{-5}$ |
| 4 | 1,075 | 0,25 | $70 \cdot 10^{-5}$ |

Найдите порядок по каждому из реагентов, общий порядок реакции, константу скорости и начальную скорость при $[A] = 0,12$ моль/л и $[B] = 0,22$ моль/л.

3. При 20°C реакция протекает за 2 мин. За сколько времени будет протекать эта же реакция: а) при 0°C ; б) при 50°C ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 2.
4. Для реакции омыления уксусноэтилового эфира при большом избытке воды константа скорости при 20°C равна $0,00099$ 1/мин., а при 40°C – $0,00439$ 1/мин. Определите энергию активации данной реакции.

Домашние задачи

1. Для реакции $A + B = C$ получены следующие результаты кинетических измерений при постоянной температуре:

| Опыт | Начальная концентрация, моль/л | | Начальная скорость, моль/(л с) |
|------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| | вещества A | вещества B | |
| 1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| 2 | 0,4 | 0,1 | 0,8 |
| 3 | 0,4 | 0,2 | 0,8 |

Найти уравнение скорости реакции, константу скорости, начальную скорость при $[A] = 0,6$ моль/л, $[B] = 0,3$ моль/л.

2. При температуре 30°C реакция протекает за 25 мин, при 50°C – за 4 мин. Рассчитайте температурный коэффициент скорости реакции.

3. Определить порядок реакции и среднюю константу скорости реакции разложения N_2O_5 , растворенного в четыреххлористом углероде при 45°C , используя следующие опытные данные:

| | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|-------|
| Время, мин. | 0 | 5,7 | 16,9 | 35,51 |
| $C(\text{N}_2\text{O}_5)$, моль/л | 2,08 | 1,67 | 1,11 | 0,55. |

Растворы.

Коллигативные свойства растворов неэлектролитов

Вопросы

1. Растворы. Виды растворов. Растворимость газов, жидких и твердых веществ, коэффициент растворимости.
2. Коллигативные свойства растворов неэлектролитов:
 - понижение давления пара растворителя над раствором;
 - осмос;
 - понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворителя.

Задачи

1. Коэффициент растворимости хлорида аммония при температуре 15°C равен 35г. Определите массовую долю хлорида аммония в насыщенном растворе при данной температуре.
2. Массовая доля хлорида меди (II) в насыщенном при температуре 20°C растворе этой соли равна 42,7%. Определите коэффициент растворимости соли при данной температуре.
3. В воде массой 100 г при температуре 0°C растворяется фторид натрия массой 4,1 г, а при температуре 40°C – массой 4,5 г. Какая масса фторида натрия выпадет в осадок при охлаждении насыщенного при 40°C раствора NaF массой 500 г до 0°C ?
4. При 20°C давление пара бензола равно $9,97 \cdot 10^3$ Па. Каково давление пара над раствором бензола, в 100 г которого содержится 12,8 г нафталина C_{10}H_8 ?
5. При 25°C давление пара над водным раствором некоторого трехатомного спирта, содержащим в 100 г воды 20 г спирта, равно $3,04 \cdot 10^3$ Па. Полагая, что давление пара воды при этой температуре составляет $3,17 \cdot 10^3$ Па, найдите молярную массу спирта и назовите его.
6. Вычислите осмотическое давление водного раствора сахарозы при 20°C , если его концентрация 20 г/л.
7. Осмотическое давление раствора вещества X, содержащего 3,47 г вещества в 250 мл воды, равно 2060 Па при 20°C . Вычислить молярную массу вещества X.
8. Температура кипения сероуглерода $46,13^{\circ}\text{C}$, K_3 сероуглерода $2,34^{\circ}\text{C} \cdot \text{кг/моль}$. В какой молекулярной форме присутствует в растворе сера, если ее раствор в сероуглероде, содержащий 3,82 г серы в 100 г сероуглерода, кипит при $46,48^{\circ}\text{C}$?
9. Определите температуру кипения водного раствора, содержащего 0,01 моль нелетучего вещества в 200 г воды.
10. Серебро для изготовления монет плавится при 875°C , а особо чистое серебро – при 960°C . Аналитически определено, что наиболее существенная примесь в серебре – это медь. При условии, что $K_{\text{кр}}$ серебра $48,6 \text{ K} \cdot \text{кг/моль}$, найти массовую долю меди в серебре.
11. К очень слабым водным растворам для предотвращения замерзания в зимнее время обычно прибавляют глицерин. Допустив, что закон Рауля применим к растворам такой concentra-

ции, вычислите количество глицерина, которое должно быть прибавлено, чтобы раствор, содержащий 0,1 кг воды, не замерзал до 268,16 К.

Домашние задачи

1. Раствор с массовой долей нитрата серебра 0,82 является насыщенным при температуре 60⁰С. При охлаждении этого раствора массой 140 г до температуры 10⁰С в осадок выпала соль массой 71,2 г. Определите коэффициент растворимости нитрата серебра при температуре 10⁰С.
2. Раствор этан-1,2-диола замерзает при – 10,0⁰С. Какова концентрация раствора? Это вещество, называемое антифризом, применяют в радиаторах автомобилей. Сколько кг антифриза залили бы Вы в радиатор, содержащий 5 кг воды, для предотвращения замерзания воды ниже – 10,0⁰С?
3. Осмотическое давление раствора, содержащего 1,00 г химотрипсина в 100 мл воды, равно 994 Па при 300 К. Вычислите молекулярную массу химотрипсина.
4. Криоскопическая постоянная уксусной кислоты равна 3,6 К·кг/моль. Температура замерзания раствора, содержащего 1 г углеводорода в 100 г уксусной кислоты, равна 16,14⁰С, а не 16,6⁰С, как у чистой кислоты. Какова молекулярная формула углеводорода, если он содержит 92,3% углерода, и 7,7% водорода?
5. У какого раствора – 100 г NaCl в 1 л воды или 100 г CaCl₂ в 1 л воды – температура замерзания ниже? Какая из этих солей лучше для устранения обледенения (по массе соли на единицу обрабатываемой поверхности)?

Растворы электролитов.

Электропроводность растворов электролитов

Вопросы

1. Изотонический коэффициент. Основные положения ТЭД Аррениуса, причины диссоциации.
2. Сильные и слабые электролиты. Константа диссоциации слабого электролита.
3. Теория Дебая-Гюккеля. Ионная сила раствора.
4. Полиэлектролиты. Зависимость растворимости аминокислот и белков от ионной силы раствора.
5. Основные понятия электрохимии. Законы Фарадея.
6. Удельная электропроводность и ее зависимость от концентрации.
7. Эквивалентная электропроводность. Закон Кольрауша.
8. Понятие об эффектах торможения ионов.
9. Движение ионов в электрическом поле. Числа переноса ионов.

Задачи

1. Раствор, содержащий 0,8718 моль/л тростникового сахара, при 291 К изоосмотичен с раствором хлорида натрия, содержащим 0,5 моль/л хлорида натрия. Определите кажущуюся степень диссоциации и коэффициент Вант-Гоффа для хлорида натрия.
2. Константа диссоциации NH₄OH равна 1,79·10⁻⁵. Определить концентрацию гидроксида аммония, при которой степень диссоциации будет равна 0,01.
3. Определите ионную силу раствора, содержащего 0,001 моль серной кислоты и 0,002 моль сульфата магния в 1000 г воды при 298 К.
4. Вычислите ионную силу растворов смесей электролитов при 298 К, если в растворе содержатся (моль на 1000 г воды) следующие соли: 1 раствор – сульфат магния – 0,005; хлорид лантана – 0,010; сульфат натрия – 0,006; 2 раствор- сульфат магния – 0,01; хлорид лантана – 0,002; сульфат натрия – 0,005.

5. Определите время, необходимое для осаждения 1,0 г хрома током силой 0,120 А, протекающим через раствор сульфата хрома (3).
6. Масса катода при электролизе током силой 0,06 А в течение 66 мин увеличилась на 0,254 г за счет осаждения на нем металла с относительной атомной массой 207. Определите заряд катиона этого металла.
7. При рафинировании меди ток 50 А выделяет за 4 часа 224 г меди. Рассчитать выход по току.
8. Сопротивление электрической ячейки, содержащей 0,01 моль/л хлорида калия (водн.), при 18° С равно 1,23 Ом. Электропроводность хлорида калия той же концентрации при 18° С равна 1,22 См/см². Сопротивление этой же ячейки, но содержащей 0,01 моль/л нитрата калия, равно 1,13 Ом при 18° С. Найдите молярную электропроводность нитрата калия.
9. Вычислите значение молярной электрической проводимости λ_0 хлорида таллия (1) при 25° С, если при данной температуре значение λ_0 (в См*м²/моль): гидроксида таллия – $2,73 \cdot 10^{-2}$; гидроксида натрия – $2,48 \cdot 10^{-2}$; хлорида натрия – $1,26 \cdot 10^{-2}$.
10. Вычислить при 25° С молярную электропроводность при бесконечном разведении раствора уксусной кислоты, используя следующие значения λ_0 (См*м²/моль): соляная кислота – $4,26 \cdot 10^{-2}$; хлорида натрия – $1,26 \cdot 10^{-2}$; ацетата натрия – $9,10 \cdot 10^{-3}$.
11. За вычетом значения электропроводности воды значение электрической проводимости насыщенного при 25° С раствора хлорида таллия равно $2,4 \cdot 10^{-4}$ См/м. Принимая, что $\lambda_0(\text{TlCl}) = 1,51 \cdot 10^{-2}$ См*м²/моль, найдите растворимость хлорида таллия при 25° С.
12. Удельная электропроводность насыщенного раствора хлорида серебра (за вычетом значения для воды) равна $1,5 \cdot 10^{-4}$ См/м при 25° С. Если $\lambda_0(\text{Ag}^+) = 6,2 \cdot 10^{-2}$ и $\lambda_0(\text{Cl}^-) = 7,6 \cdot 10^{-3}$ См*м²/моль, то какова растворимость хлорида серебра (в моль/л).
13. При экспериментальном определении чисел переноса ионов раствор хлорида натрия подвергался электролизу с платиновыми электродами. Уменьшение содержания соли в анодном пространстве за время опыта, в течение которого через раствор прошло 9650 Кл электричества, составило 0,0385 моль-экв. Найти числа переноса ионов Na^+ и Cl^- .
14. Вычислить степень и константу диссоциации муравьиной кислоты при разведении 64 л при 298 К, если удельная электропроводность раствора равна $6,75 \cdot 10^{-2}$ См/м, предельная молярная электропроводность ионов H^+ и HCOO^- соответственно равна $349,8 \cdot 10^{-4}$ и $54,6 \cdot 10^{-4}$ См*м²/моль.

Домашние задачи

1. Определить концентрацию водного раствора глюкозы, если этот раствор при 291 К изоосмотичен с раствором, содержащим $0,5 \cdot 10^3$ моль/м³ хлорида кальция, причем кажущаяся степень диссоциации последнего при указанной температуре составляет 65,4%.
2. Вычислите концентрацию ионов водорода в растворе бензойной кислоты молярной концентрации 0,02 моль/л, если константа диссоциации ее равна $6 \cdot 10^{-5}$.
3. Определить активность хлорида бария в 0,1 моляльном растворе, если среднеионный коэффициент активности равен 0,501.
4. В растворе содержится 0,5 моль сульфата магния, 0,1 моль хлорида алюминия и 0,2 моль сульфата аммония на 1000 г воды. Найти ионную силу раствора.
5. Удельная электрическая проводимость насыщенного раствора AgBr $1,56 \cdot 10^{-4}$ Ом⁻¹ м⁻¹, а воды, взятой для растворения $1,519 \cdot 10^{-4}$ Ом⁻¹ м⁻¹. Найти растворимость AgBr , если эквивалентная электрическая проводимость при бесконечном разведении для KBr , KNO_3 и AgNO_3 при той же температуре соответственно равна $13,74$ Ом⁻¹ м²/кмоль; $13,13$ Ом⁻¹ м²/кмоль; $12,10$ Ом⁻¹ м²/кмоль.
6. Раствор, содержащий 70% по массе H_2SO_4 , имеет при $T=291\text{K}$ плотность 1,6146 г/мл и удельную электропроводность $0,2157 \cdot 10^2$ Ом⁻¹ м⁻¹. Найти эквивалентную и молярную электропроводность раствора.

7. Константа диссоциации NH_4OH равна $1,79 \cdot 10^{-5}$, степень диссоциации 0,01. Найти эквивалентную электропроводность раствора, если подвижности ионов NH_4^+ и OH^- соответственно равны 73,7 и 200.

Способы выражения концентрации растворов. Правила
приготовления растворов

Вопросы

1. Способы выражения концентрации растворов.
2. Правила приготовления растворов.
3. Расчеты для приготовления растворов различной концентрации.
4. Подбор посуды для приготовления и хранения растворов.

Задачи

1. Какой объем раствора серной кислоты плотностью 1,8 г/мл с массовой долей H_2SO_4 88% и воды надо взять для приготовления раствора кислоты объемом 300 мл и плотностью 1,3 г/мл с массовой долей H_2SO_4 40%?
2. Какой объем раствора соляной кислоты (HCl) = 37%, $\rho = 1,14$ г/мл) надо взять для приготовления 100 мл 0,5 М раствора?
3. Какую массу щелочи KOH необходимо взять для приготовления 500 мл 1,5 н. раствора?
4. Какую массу медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воды надо взять для приготовления раствора сульфата меди(II) массой 40 г с массовой долей 5%?
5. Какой объем 40%-ного раствора HNO_3 ($\rho = 1,25$ г/мл) и 10%-ного раствора той же кислоты ($\rho = 1,06$ г/мл) необходимо взять для приготовления 2 л 15%-ного раствора ($\rho = 1,08$ г/мл)?

Лабораторная работа № 1

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

Приготовить:

1. 100 мл 10%-го раствора соляной кислоты из имеющейся в лаборатории.
2. 50 мл 0,4 н. раствора уксусной кислоты из имеющейся в лаборатории.
3. 100 мл 0,1 н. раствора гидроксида натрия из сухого вещества.
4. 50 мл 2%-го раствора сульфата меди (II) из кристаллогидрата.

Домашние задачи

1. До какого объема надо разбавить 500 мл 20%-ного раствора хлорида натрия ($\rho = 1,152$ г/мл), чтобы получить раствор с массовой долей NaCl 4,5% ($\rho = 1,029$ г/мл)?
2. В воде массой 128 г растворили метиловый спирт CH_3OH объемом 40 мл ($\rho = 0,8$ г/мл). Определите молярную концентрацию полученного раствора, если его плотность 0,97 г/мл.
3. Определите массовую долю хлорида кальция в 1,4 М растворе, если его плотность 1,12 г/мл.

4. Определите массу кристаллогидрата $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и раствора с массовой долей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 15%, которые надо взять для приготовления раствора с массовой долей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 20% массой 795 г.
5. Какой объем 5 М раствора КОН потребуется для приготовления 0,6 М раствора КОН объемом 250 мл?

Явления капиллярности и смачивания. Адсорбция

Вопросы

1. Термодинамические условия смачивания и растекания.
2. Количественные характеристики смачивания: краевой угол, теплота смачивания, работа адгезии.
3. Роль явлений смачивания в живой природе.
4. Капиллярное давление. Первый закон Лапласа.
5. Роль капиллярных явлений в биологии и агротехнике.
6. Основные положения теорий адсорбции (понятия; методы определения количества адсорбированного вещества, количественное выражение адсорбции).
7. Уравнения изотермы адсорбции (Генри, Фрейндлиха, Лэнгмюра, БЭТ).
8. Молекулярная адсорбция из раствора на твердой поверхности.

Задачи

1. Для 0,1%-ного раствора эфиров сахарозы, поверхностное натяжение которого составляет 30 мДж/м^2 , определить равновесную работу когезии, адгезии и работу адгезии к пузырьку, если краевой угол смачивания к твердой поверхности равен 15° .
2. Чему равно внутреннее (капиллярное) давление и приращение энергии Гиббса для капля жировой реакции майонеза диаметром 35 мкм ? Межфазовое поверхностное натяжение 55 мДж/м^2 ; мольный объем жира $0,19 \text{ м}^3/\text{моль}$.
3. Вертикально установленная капиллярная трубка с внутренним диаметром 300 мкм одним концом погружена в жидкость на глубину 3 см , а вторым соединена с сосудом, в котором поддерживается избыточное давление. Определить, при каком давлении в сосуде будет происходить отрыв пузырька воздуха от погруженного в жидкость конца трубки, если поверхностное натяжение воды $0,073 \text{ н/м}$; плотность воды 1000 кг/м^3 .
4. На какую высоту поднимается вода по стеклянному капилляру, частично в нее погруженному, если его диаметр $0,5 \text{ мм}$?
5. Капля воды массой $0,1 \text{ г}$ введена между двумя плоскими параллельными между собой пластинами, смачиваемыми водой ($\Theta = 0^\circ$). Какова работа сил адгезии между пластинами, если они находятся на расстоянии 10^{-4} см ?
6. Между двумя плоскими стеклянными пластинами помещен 1 г ртути. Какую силу надо приложить к верхней пластине, чтобы ртуть приняла форму круглой лепешки однородной толщины и радиуса 5 см , если поверхностное натяжение ртути $0,487 \text{ н/м}$, $\Theta = 40^\circ$, плотность ртути $13,55 \text{ г/см}^3$?
7. Какова разность уровней воды в двух сообщающихся капиллярах диаметром $0,5 \text{ мм}$ и $0,15 \text{ мм}$? Угол смачивания считать равным 0° .
8. Оценить эффективный радиус пор силикагеля, если для его определения методом ртутной порометрии пришлось приложить давление $80,1 \text{ атм}$. Угол смачивания принять равным 180° .
9. Используя данные адсорбции азота на слюде при 90 К , определить графическим методом константы K и $1/n$ в уравнении Фрейндлиха:

- | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|
| p, Па | 530 | 990 | 1730 | 2370 | 4530 |
| a, м ³ /кг | 14,9 | 19,1 | 24,2 | 27,3 | 36,8. |
10. При изучении адсорбции брома углем из воды были получены следующие данные:
- | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| C(Br ₂) моль/л | 0,259 | 0,669 | 1,708 | 2,998 |
| a, ммоль/г | 3,1 | 4,27 | 5,44 | 6,80э |
- Определить константы уравнения Ленгмюра графическим методом.
11. По изотерме адсорбции азота определите удельную поверхность адсорбента (T=77K, ω₀(N₂)=16,2A²):
- | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|-------|
| p/p _s | 0,04 | 0,09 | 0,16 | 0,20 | 0,30 |
| a, ммоль/г | 2,20 | 2,62 | 2,94 | 3,11 | 3,58. |
12. В растворе AgNO₃ концентрацией 1 моль/м³ объемом 50 мл диспергировано 12 г порошкообразного AgCl. В результате адсорбции концентрация ионов серебра понизилась до 0,8 моль/м³. Вычислите адсорбцию ионов серебра.

Домашние задачи

1. Определить диаметр стеклянной трубки, если при ее частичном погружении в воду жидкость поднимается на 6 см. Угол смачивания принять равным 0°.
2. Капля воды массой 0,18 г введена между двумя плоскими параллельными между собой пластинами, угол смачивания которых 45°. Какова работа адгезии между пластинами, если они находятся на расстоянии 1 мкм?
3. С какой силой притягивается друг к другу стеклянные пластинки площадью 10 x 10 см, находящиеся на расстоянии 1 мкм, если зазор между ними заполнен водой (Θ=0°)?
4. По изотерме адсорбции бензола при 293K определить удельную поверхность адсорбента, если ω₀(C₆H₆)=0,49нм²:

| | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|-------|
| p/p _s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 |
| a, ммоль/г | 0,36 | 0,51 | 0,60 | 0,68 | 0,82. |

Органические ПАВ. Лиофильные коллоидные системы, их роль в технологических процессах и биологических системах

Подготовка докладов на следующие темы

1. Особенности и классификация ПАВ.
2. Физико-химия моющего действия.
3. Ленгмюровские пленки как модели организованных структур. Жидкокристаллическое состояние, коацерваты. Понятие о везикулах (липосомах).
4. Применение ПАВ в медицине (получение заменителей крови, направленный перенос лекарств в липосомах, микрокапсулирование жидкостей и жирорастворимых витаминов).
5. Моделирование ферментативного катализа.
6. Солюбилизация, ее роль в технологических процессах. Мицеллярный катализ. Интенсификация процесса нефтедобычи.

Получение дисперсных систем. Поверхностные явления

Вопросы к коллоквиуму

1. Классификация дисперсных систем.
2. Способы получения дисперсных систем.
3. Очистка дисперсных систем. Применение способов очистки дисперсных систем.
4. Поверхность раздела фаз, ее силовое поле. Основы термодинамики поверхностных явлений по Гиббсу.
5. Поверхностное натяжение. Энергетический и силовой аспекты.
6. Поверхностное натяжение жидкостей, растворов и твердых тел. Межфазовое поверхностное натяжение.
7. Термодинамические условия смачивания и растекания.
8. Количественные характеристики смачивания (краевой угол, работа адгезии, теплота смачивания).
9. Капиллярное давление, первый закон Лапласа.
10. Следствия существования капиллярного давления (поднятие жидкости в капилляре; капиллярная конденсация и др.).
11. Роль капиллярных явлений и смачивания в биологии и агротехнике.
12. ПАВ и поверхностно-инактивные вещества. Зависимость поверхностной активности от строения веществ и природы растворителя.
13. Классификация ПАВ (по строению, по областям применения).
14. Зависимость адсорбции от концентрации ПАВ (уравнение Шишковского, Ленгмюра).
15. Применение ПАВ (в медицине, солубилизация, моющее действие и др.).

Свойства дисперсных систем

Вопросы

1. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем (броуновское движение, диффузия, осмос, седиментация).
2. Оптические свойства дисперсных систем (опалесценция и абсорбция света).
3. Электрические свойства дисперсных систем (электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания). Уравнение Гельмгольца-Смолуховского.
4. Строение мицеллы лиофобных зольей.

Задачи

1. Определить средний сдвиг капле эмульсии радиусом 10 нм за 4 с при 293К и вязкости среды 10^{-3} Па·с.
2. Мыло образует в воде мицеллы, радиус которых равен 12,5 нм. Определить коэффициент диффузии мицелл при 313 К, если вязкость раствора равна $6,5 \cdot 10^{-4}$ Па·с.
3. Во сколько раз осмотическое давление раствора сока сахарной свеклы, молекулы которого имеют диаметр 0,8 нм превышает осмотическое давление коллоидного раствора свекольного сока с диаметром частиц 80 нм? Концентрацию и плотности растворов считать одинаковыми.
4. Определить осмотическое давление пыли при 293К, если ее концентрация $1,5 \cdot 10^{-2}$ кг/м³, средний радиус частиц 40 мкм, плотность $1,3 \cdot 10^3$ кг/м³.
5. Как изменится интенсивность рассеянного света при увеличении размеров частиц с 20 до 80 нм, если концентрация и плотность материала, а также интенсивность падающего света остались постоянными?

6. Определить коэффициент поглощения, если поток света после прохождения дисперсной системы, толщина которой 3,1 см, ослабевает в 2,7 раза.
7. При исследовании аэрозолей методом поточной ультрамикроскопии в объеме $1,33 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$, прошедшем через счетное поле микроскопа, подсчитано 50 частиц масляного тумана. Определить средний радиус частиц, если весовая концентрация золя $25 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$, а плотность фазы 900 кг/м^3 .
8. С помощью метода поточной микроскопии в объеме $2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$ подсчитано 80 частиц аэрозоля-дыма мартеновских печей. Концентрация золя 10^{-4} кг/м^3 , плотность фазы 2 г/см^3 . Определить размер частиц, считая их форму кубической.
9. Электрокинетический потенциал высокодисперсных частиц золя апельсинового сока равен 50 мВ. Определить скорость электрофореза и электрофоретическую подвижность частиц золя сферической формы, если относительная диэлектрическая проницаемость среды равна 54,8; внешняя ЭДС 120 В; расстояние между электродами 40 см, вязкость среды $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.
10. Найти значение потенциала течения, если через мембрану продавливается раствор спирта при следующих условиях: давление 20 МПа, удельная электропроводность $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{м}^{-3}$; относительная диэлектрическая проницаемость 41,3; вязкость 0,9 мПа·с, электрокинетический потенциал 6 мВ.
11. Рассчитать потенциал течения через кварцевую диафрагму в растворе NaCl, если известно, что скорость электрофореза частиц кварца, образующих диафрагму, в том же растворе равна $8 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$; разность потенциалов между электродами 350 В/м; приложенное давление 3500 Па, удельная электропроводимость $1,8 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, коэффициент эффективности диафрагмы 1,2.
12. Напишите схемы строения мицеллы иодида серебра, полученного при взаимодействии:
 - а) нитрата серебра с избытком иодида калия;
 - б) иодида калия с избытком нитрата серебра.
13. Составьте схему строения мицеллы золя гидроксида железа(III), полученного при неполном гидролизе хлорида железа(III).
14. Напишите схему строения мицеллы карбоната кальция, полученного при взаимодействии 20 мл 0,005 М раствора нитрата кальция с 25 мл 0,002 М раствора карбоната натрия.
15. Напишите схему строения мицеллы золя кремниевой кислоты полученного при взаимодействии 10 мл раствора силиката натрия с 10 мл раствора соляной кислоты равной молярной концентрации.

Домашние задачи

1. Напишите схемы строения мицелл сульфида цинка, образованного при взаимодействии:
 - а) сульфида натрия с избытком сульфата цинка;
 - б) хлорида цинка с избытком сульфида аммония.
2. Напишите схему строения мицеллы сульфата бария, полученного при взаимодействии 20 мл 0,01 М раствора хлорида бария с 15 мл 0,025 М сульфата натрия.
3. Чему равен электрокинетический потенциал при протекании 0,01 М раствора KCl через керамический фильтр под давлением $3,1 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и потенциале течения $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ В}$? При 298 К вязкость раствора $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$, удельная электропроводимость $0,141 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, относительная диэлектрическая проницаемость 78,5.
4. Определите электрокинетический потенциал коллоидного раствора сахарозы при градиенте внешнего электрического поля 400 В/м, относительной диэлек-

трической проницаемости 69,1; вязкости 2,5 мПа·с и скорости электрофореза 13,5 мкм/с.

5. Определить экстинкцию куска хлеба толщиной 12 мм, если коэффициент поглощения составляет 270 м^{-1} .
6. Как изменится интенсивность рассеянного света, если фруктовый сок, являющийся дисперсной системой, подвергнуть воздействию света длиной волны 430 нм и 680 нм?
7. Определить размеры частиц яичного альбумина, находящихся в воде при 293К, если коэффициент диффузии $7,8 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, а вязкость воды $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Устойчивость и коагуляция дисперсных систем

Вопросы

1. Виды устойчивости дисперсных систем.
2. Факторы устойчивости. Самопроизвольные процессы коагуляции, коалесценции, изотермической перегонки.
3. Кинетика коагуляции лиофобных зольей.

Задачи

1. Определить скорость оседания частиц радиусом 10 мкм, образующихся после помола зерен кофе в воде (вязкость $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$) и в воздухе (вязкость $1,81 \cdot 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{с}$); плотность кофе $1,1 \text{ г/см}^3$; воды и воздуха при 293 К 1 и $1,205 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ соответственно.
2. Время половинной коагуляции золя иодида серебра при исходном содержании частиц $3,2 \cdot 10^{11} \text{ л}^{-1}$ составляет 11,5 с. Определить константу скорости коагуляции.
3. Изучение быстрой коагуляции суспензии каолина, проводимое путем счета частиц с помощью ультрамикроскопа дало следующие результаты:

| | | | | |
|--|---|-----|------|-------|
| t, сек | 0 | 105 | 180 | 255 |
| общее число частиц $10^{11}, \text{ л}^{-1}$ | 5 | 3,9 | 3,18 | 2,92. |

Рассчитайте время половинной коагуляции.
4. Быстрая коагуляция золя золота характеризуется следующими данными:

| | | | | |
|--|------|------|------|-------|
| t, сек | 0 | 30 | 60 | 120 |
| общее число частиц $10^{11}, \text{ л}^{-1}$ | 20,2 | 14,7 | 10,8 | 8,25. |

Какое количество вторичных частиц окажется в системе через 240с от начала коагуляции?
5. Вычислить расстояние, при сближении на которое частицы объединяются в агрегат, по следующим данным: $T = 291\text{К}$; вязкость среды $1,06 \text{ мПа} \cdot \text{с}$; начальный радиус частиц $9,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$:

| | | | | |
|--|------|------|------|-------|
| t, сек | 0 | 60 | 120 | 180 |
| общее число частиц $10^{11}, \text{ л}^{-1}$ | 5,22 | 4,35 | 3,63 | 3,38. |
6. Определить вид коагуляции (быстрая или медленная) путем сопоставления констант скорости коагуляции, полученных расчетным и экспериментальным путем, для золя серы, коагулируемого раствором хлорида аммония при 293К.

| | | | | |
|--|------|------|------|-------|
| t, сек | 0 | 1 | 4 | 10 |
| общее число частиц $10^{14}, \text{ л}^{-1}$ | 16,0 | 1,78 | 0,50 | 0,20. |
7. Пороги коагуляции электролитов для некоторого гидрозоля равны (в моль/л): для $\text{Na}_3\text{PO}_4 - 0,3$; для $\text{MgCl}_2 - 0,025$; для $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 0,295$; для $\text{AlCl}_3 - 0,0005$. Какой заряд имеют частицы?

8. Золь иодида серебра получен смешением равных объемов растворов иодида калия и нитрата серебра. Пороги коагуляции с (ммоль/л) для различных электролитов и данного золя имеют следующие значения:
 $C(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 315$; $C(\text{CaCl}_2) = 300$; $C(\text{MgCl}_2) = 320$;
 $C(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,6$; $C(\text{Ca}_2\text{SO}_4) = 20$; $C(\text{AlCl}_3) = 330$.
 Какой из электролитов: KI или AgNO_3 взят в большей концентрации для приготовления золя? Дайте обоснованный ответ.
9. Получены два золя иодида серебра: один из них приливанием 16мл 0,05М раствора AgNO_3 к 20мл 0,03М KI, другой – приливанием 12мл раствора AgNO_3 к 22мл раствора KI тех же концентраций. Будут ли наблюдаться какие-либо явления при сливании их в общий сосуд?
10. Золь AgBr получен реакцией двойного обмена: 16мл 0,005М раствора AgNO_3 и 40мл 0,0025М раствора KBr . Какой из электролитов будет иметь больший и меньший пороги коагуляции для полученного золя: AlCl_3 ; MgSO_4 ; K_3PO_4 ?
11. Для коагуляции 10мл золя AgI требуется 0,05мл 0,4М раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ или 0,2мл 0,03М раствора $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ или 1,5мл 1М раствора KNO_3 . Определите пороги коагуляции электролитов и проверьте выполняемость правила Шульце-Гарди.
12. Как изменится порог коагуляции, если для коагуляции 10мл золя сульфида мышьяка вместо 1,2мл 0,5М раствора NaCl взять 0,036М раствор MgCl_2 (его потребуется 0,4мл) или 0,01М раствор AlCl_3 (его потребуется 0,1мл)? Проверьте выполнение правила Шульце-Гарди.

Домашние задачи

- Быстрая коагуляция золя серебра характеризуется следующими данными:

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|------|-------|
| время, с | 0 | 60 | 120 | 180 |
| число частиц $10^{11}, \text{л}^{-1}$ | 20,22 | 11,00 | 7,92 | 6,30. |

 Какое количество частиц окажется в системе через 420 секунд от начала коагуляции?
- Золь BaSO_4 получен реакцией двойного обмена сливанием 16мл 0,005М раствора BaCl_2 и 25мл 0,003М раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Составьте формулу мицеллы и определите, какой из электролитов: Na_3PO_4 , FeSO_4 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ будет иметь больший и меньший пороги коагуляции.
- Золь сульфида серебра получен реакцией двойного обмена 20мл 0,0015М раствора AgNO_3 и 15мл 0,002М раствора Na_2S . Составьте формулу мицеллы и расположите электролиты в порядке уменьшения их коагулирующей способности: Na_3PO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; CaCl_2 .
- Как изменится величина порога коагуляции, если для коагуляции 10мл золя AgBr вместо 1,5мл 1М NaNO_3 взять 0,5мл 0,1М CaCl_2 или 0,2мл 0,01М $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$? Сопоставьте коагулирующие способности ионов.
- Для коагуляции золя гидроксида железа(III) объемом 5мл были добавлены растворы 1,05 мл 1М KCl ; 6,25 мл 0,005 М Na_2SO_4 и 3,7 мл 0,0003 М Na_3PO_4 . Определите пороги коагуляции электролитов и проверьте выполняемость правила Шульце-Гарди.

Виды дисперсных систем

Подготовка докладов на следующие темы:

I. Эмульсии

1. Классификация и свойства эмульсий.

2. Получение и разрушение эмульсий. Устойчивость эмульсии, обращение фаз.
3. Применение эмульсий.
II. Пены
 1. Свойства и особенности пен. Кратность пен.
 2. Устойчивость пен.
 3. Получение и применение пен.
- III. Аэрозоли
 1. Классификация аэрозолей.
 2. Получение и значение аэрозолей.
 3. Свойства аэрозолей. Взрывы пыли.
 4. Сыпучие материалы (порошки).

Лабораторная работа № 2

ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

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 (III)) 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, толуо-

ла), 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 золей

1. Метод гидролиза

Нагреть до кипения 50 мл дистиллированной воды. Добавить по каплям 10 мл 2%-ного FeCl_3 и кипятить еще несколько минут. Мицелла образуется за счет адсорбции ионов 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. FeCl_3 и 0,005н. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ в следующих соотношениях: 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 . Проверить заряды частиц на фильтровальной бумаге. Написать формулу мицеллы для обоих золей.

3. Метод окислительно-восстановительный

А. 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%-ного раствора K_2CO_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 AgO^- ; противоионами являются ионы калия.

Б. Получение золя двуокиси марганца.

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

4. Метод пептизации

А. 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 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 H^+ .

Б. 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 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в пипетку на 2 мл. Составить и заполнить следующий ряд из пяти пробирок:

| № пробирки | Контроль | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| V ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), 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.

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.

Лабораторная работа № 3

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Скорость седиментации (оседания) частиц дисперсии зависит от различия плотности частиц дисперсной фазы (ρ) и дисперсионной среды (ρ_0), вязкости среды (η) 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. 3.1):

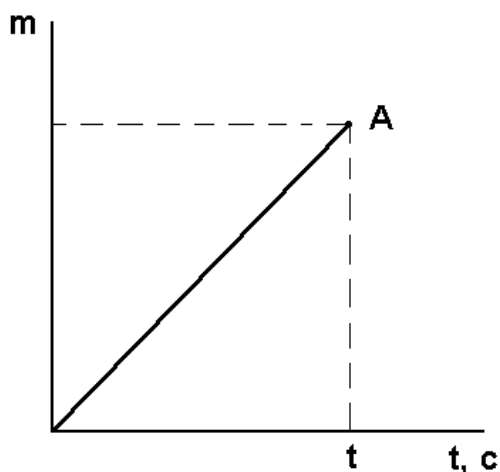


Рис. 3.1

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. 3. 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. 3. 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. 3.2) (цилиндр объемом 1 л) налить водопроводной воды и погрузить в нее чашку. Измерить массу пустой чашки и глубину ее погружения (h) с точностью ± 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.

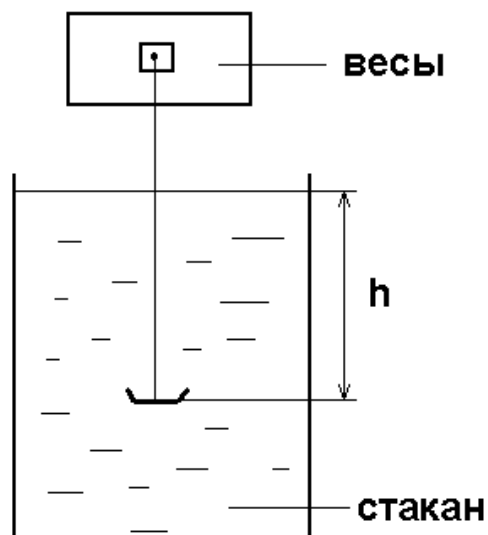


Рис. 3.2

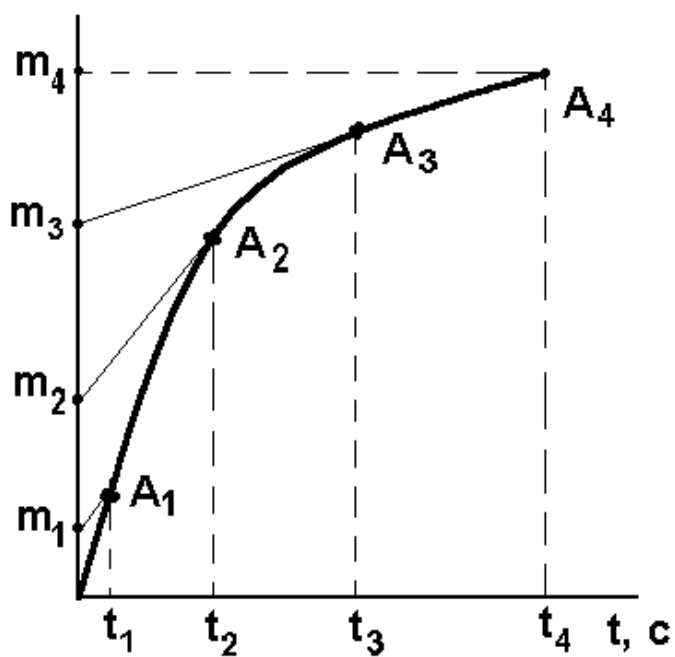


Рис. 3.3

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

Обработка результатов эксперимента

1. По результатам измерений заполнить таблицу 3.1.

Таблица 3.1

| 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. 3.2.

Таблица 3.2

| 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. 3.3.

Таблица 3.3

| 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; седиментационный анализ, для чего он применяется?
4. Как определить по кривой седиментации время оседания самых мелких и самых крупных частиц?
5. Значение седиментации в природе и технике.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ 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 М раствора CH_3COOH приготовить по 100 мл растворов следующих концентраций (моль/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 М раствором щелочи NaOH для установления точной концентрации кислоты. Для титрования брать по 2 мл 0,4 и 0,2 М растворов, по 5 мл 0,1 и 0,05 М растворов и по 7 мл 0,025 и 0,0125 М растворов. Если результаты двух титрований совпадают, титровать дважды. Если нет – титровать три раза и брать среднее значение из трех измерений. Результаты занести в таблицу по форме (до адсорбции):

| 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 таблицу (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.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ 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 (Γ), 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).
2. Измерить давление образования и отрыва газового пузырька в воде, пользуясь установкой, изображенной на (рис. 5.1).

Рис. 5.1. 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 (σ) растворов по формуле:

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

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.

6. Построить кривую изотермы поверхностного натяжения, откладывая на оси ординат (σ), а на оси абсцисс – концентрацию (c).
7. Пользуясь изотермой поверхностного натяжения, рассчитать адсорбцию Гиббса (Γ) 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.5.2).

a

б

Рис. 5.2. Построение изотермы адсорбции по изотерме поверхностного натяжения (а) и определение констант в уравнении Ленгмюра (б).

Из треугольника ABD $\operatorname{tg} \alpha = AB/BD$; $\operatorname{tg} \alpha = - (d\sigma/dc)$. Каждой концентрации (с) 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 | σ , н/м | z, н/м | Γ , моль/м ² | С/Г |
|-----------|----------------|--------|--------------------------------|-----|
| | | | | |

8. Значение Γ определить графически по уравнению Ленгмюра, преобразованному в уравнение прямой линии:

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

На рис.2,б α - угол наклона прямой к оси абсцисс; $1/\Gamma = \operatorname{tg} \alpha$; отрезок АВ равен $1/k\Gamma$.
Определив Γ , затем найти k.

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

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.

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 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: KNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, K_2SO_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 золев и сравнивают полученную систему с эталоном. Результат наблюдения каждый раз записывают в таблицу:

| № | KNO ₃ | | Ba(NO ₃) ₂ | | Al(NO ₃) ₃ | | K ₂ 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 $C_{кр}$ нужно учитывать разбавление раствора электролита золев: концентрация его в смеси с золев 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, KNO₃, Ba(NO₃)₂ и Al(NO₃)₃ для отрицательно заряженного золя), для чего найденные значения порогов коагуляции делят на наименьшее его значение – в приведенном примере на $C_{кр}$ Al(NO₃)₃. Полученные результаты сравнивают с вычисленными теоретически по Дерягину: $C_{кр}^I : C_{кр}^{II} : C_{кр}^{III} = 729 : 11 : 1$.

2. Изучение явления защиты

Оттитровать 10 мл золя Fe(OH)₃ 0,02М раствором (NH₄)₂SO₄ до помутнения раствора. В другой пробирке к 10 мл золя Fe(OH)₃ добавить 1 мл 0,5%-ного раствора желатина. Перемешать и добавить столько раствора (NH₄)₂SO₄, 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 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. 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.
4. Что такое взаимная коагуляция? Какое практическое применение находит это явление?
5. Какое явление называется коллоидной защитой? Что является мерой защитного действия? Какое практическое применение находит это явление?

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ

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 $P = \eta$ и называется *коэффициентом вязкости* (коэффициентом внутреннего трения, динамической вязкостью). $[\eta]$ – Па·с; кг·с/м²; дин·с/см² (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 (м²/с, см²/с (стокс)).

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

Ход работы:

а) *Определение вязкости жидкостей*

1. В чистый вискозиметр (рис.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.

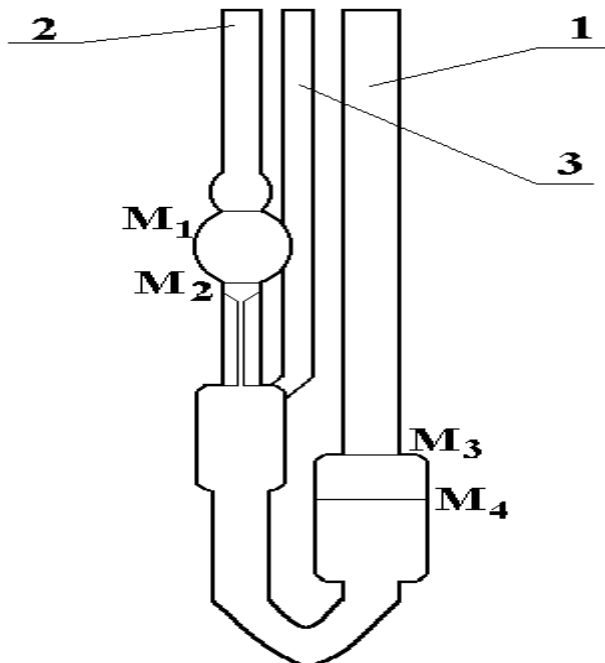


Рис.7.1

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.
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 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:

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

где η и η_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.

б) *Зависимость вязкости растворов от концентрации*

Основы теории вязкости разбавленных лиозолой 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.

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 таблицу:

| 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. Коагуляционные и конденсационные структуры. Приведите примеры.
3. Какое явление называется тиксотропией? Где встречается в природе и какое применение находит в технике?
4. Что такое динамическая и кинематическая вязкость, коэффициент вязкости? В каких единицах измеряются эти величины?
5. Методы определения коэффициента вязкости слабоструктурированных жидкостей.

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. С-Пб., 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 химии
для студентов специальности 011600 – Биология

Редактор Т.В. Тимофеева

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

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