

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Физико - химия поверхности и дисперсных систем

Электронные учебно-методические материалы

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности»
Программы развития СГАУ на 2009-2018 годы по проекту «Разработка учебно-методических материалов
для дисциплин 1-4 семестров нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»

Соглашение №1/7 от 03.06.2013 г.

САМАРА 2013

УДК 544.77(075)

ББК24.6я7

Ф50

Составители:

Тупикова Елена Николаевна,

Платонов Игорь Артемьевич,

Рощупкина Ирина Юрьевна,

Новикова Екатерина Анатольевна

Рецензент: Носова Е.А., к.т.н. доц. каф. ТМ и АМ

Физико-химия поверхности и дисперсных систем [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. Материалы /М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И.Ю Рощупкина, И.А. Платонов, Е.Н. Тупикова, Е.А. Новикова.- Электрон. текстовые и граф. данные.(702 Мб.) – Самара, 2013. – 1 эл. оптич. диск (CD – ROM)

Электронные учебно-методические материалы по дисциплине «Физико-химия поверхности и дисперсных систем» содержат:

1. Методические указания к лабораторным работам

1.1 «Получение и свойства зольей»

1.2 «Устойчивость и коагуляция дисперсных систем»

1.3. «Седиментационный анализ порошков»

1.4. «Изотермы адсорбции Гиббоса и Ленгмюра»

1.5. «Адсорбция на неподвижной границе раздела»

1.6. «Хроматография. Ионообменная адсорбция»

2. Билеты к экзамену

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физико-химия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 201000.62 «Биохимические системы и технологии»

Разработано на кафедре химии

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЗОЛЕЙ

*Электронные методические указания
к лабораторной работе*

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»
Соглашение № 1/14 от 03.06.2013 г.

Самара
2013

УДК 544.77(075)

ББК 24.6

П49

**Составители: Рощупкина Ирина Юрьевна,
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна**

Рецензент: Носова Е.А. к.т.н., доц. каф. ТМ и АМ

Получение и свойства зольей [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работе/ М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И.А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (1358 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология наноэлектронных приборов».

Разработаны на кафедре химии.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Цель работы: познакомиться с различными методами приготовления золей, их свойствами; научиться составлять формулы мицелл.

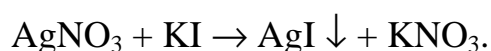
Содержание работы: приготовить 4-5 золей разными методами; определить знак заряда коллоидных частиц окрашенных золей; подтвердить коллоидную природу полученных растворов; составить формулы мицелл.

Теоретические основы эксперимента

Лиозоли или коллоидные растворы характеризуются малой устойчивостью и невозможностью самостоятельного образования. Получают коллоидные растворы в присутствии стабилизаторов: электролитов, поверхностно-активных веществ (ПАВ), высокомолекулярных соединений (ВМС) и т.д. Адсорбция стабилизаторов на поверхности коллоидных частиц обеспечивает *агрегативную устойчивость* системы – устойчивость к агрегации, слипанию и укрупнению частиц дисперсной фазы.

Строение коллоидных частиц

В качестве примера рассмотрим образование коллоидной частицы иодида серебра AgI в реакции

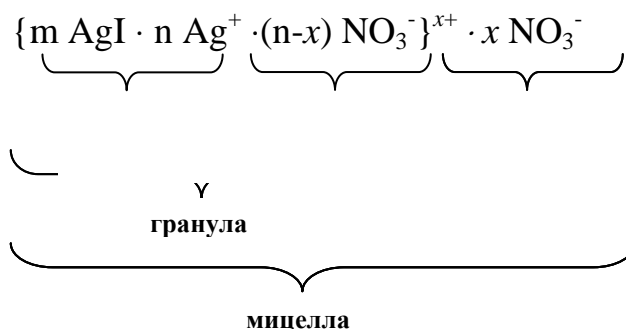


Ионы Ag^+ и I^- объединяются в кристаллическую решетку, образуя практически нерастворимые частицы. Если исходные растворы были взяты в эквивалентных количествах, то частицы-кристаллы растут, достигая значительной величины, и быстро выпадают в осадок. Если одно из исходных веществ взято в небольшом избытке, то оно служит стабилизатором, сообщаям устойчивость коллоидным частицам AgI. Так, при избытке AgNO_3 в растворе будет находиться большое количество ионов Ag^+ и NO_3^- . Согласно *правилу Панета – Фаянса* достраивание кристаллической решетки может идти только за счет ионов, входящих в ее

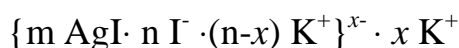
состав, или за счет изоморфных ионов. Изоморфные ионы имеют одинаковый заряд, близкую поляризуемость, при этом их радиусы различаются не более чем на 15%. В данном случае достраивание кристаллической решетки будет происходить за счет ионов серебра. Эти ионы будут входить в кристаллическую решетку ядра частицы, сообщая при этом ему заряд. Этот заряд получил название *электротермодинамический потенциал*. В связи с этим ионы, достраивающие кристаллическую решетку ядра, называются *потенциалопределяющими ионами*. У многих коллоидных частиц этот потенциал может достигать величины 1В, в результате частицы будут притягивать к себе оставшиеся в растворе противоположно заряженные ионы NO_3^- (называемые, поэтому, *противоионами*). Начнется процесс адсорбции ионов, в результате основная часть всех адсорбированных противоионов вместе с потенциалопределяющими ионами образует *адсорбционный слой*. Ядро и адсорбционный слой вместе образуют *гранулу*. Гранула имеет электрический потенциал того же знака, что и потенциалопределяющие ионы, но величина его меньше и зависит от числа противоионов в адсорбционном слое. Потенциал гранулы называется *электрокинетическим, или дзета-потенциалом* (ζ -*потенциал*). Он может быть обнаружен при движении частиц в электрическом поле. Остаток противоионов удерживается электростатическими силами притяжения вблизи гранулы, образуя *диффузный слой*. Гранула вместе с диффузным слоем образует *мицеллу*. Концентрация противоионов в диффузном слое убывает по направлению к периферии. Соответственно этому убывает и потенциал частицы, падая на границе диффузного слоя до нуля. Таким образом, мицелла всегда электронейтральна. Устойчивость коллоидных растворов зависит от величины заряда гранулы (ζ -потенциала). Чем выше этот потенциал, тем сильнее взаимное отталкивание частиц при их столкновении, тем меньше вероятность укрупнения частиц и выше устойчивость коллоидных

растворов.

Строение мицеллы AgI в избытке AgNO₃ может быть отображено схемой:



Та же самая мицелла иодида серебра в присутствии небольшого избытка иодида калия будет иметь следующее строение :



В данном случае потенциалопределяющими ионами будут ионы иода, а противоионами – ионы калия (см. рисунок 1)

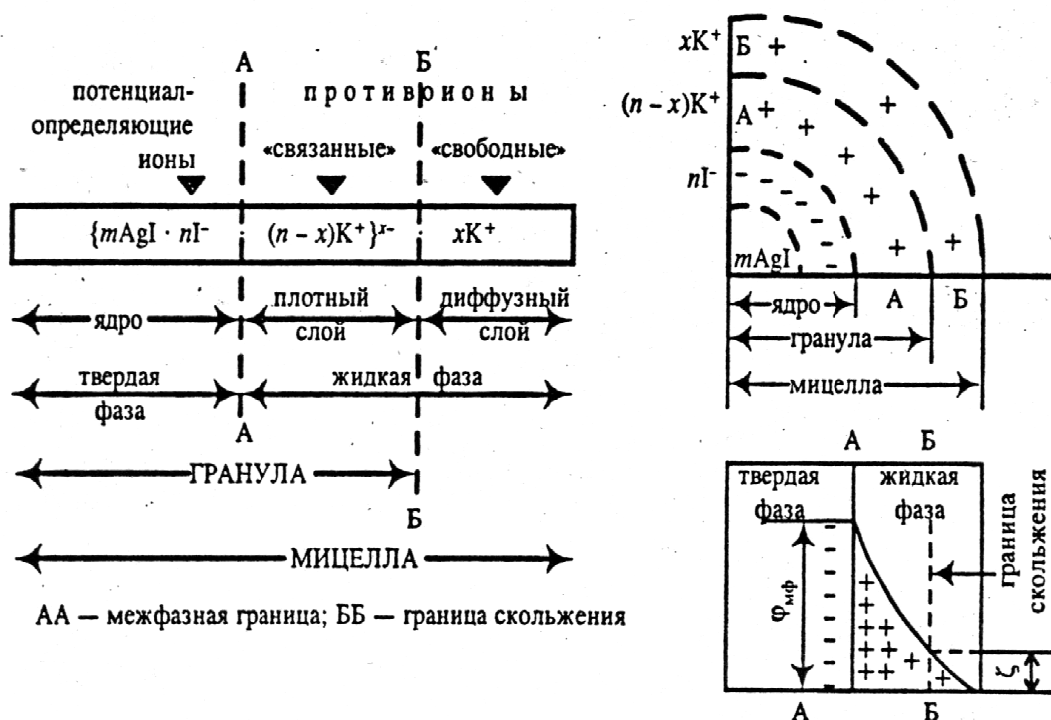


Рис. 1. Схема строения мицеллы иодида серебра в избытке иодида калия

Алгоритм составления формулы мицеллы:

1. Записать уравнение реакции, в результате которой образуется осадок;

2. Записать уравнение реакции диссоциации электролита-стабилизатора;
3. Выбрать потенциалопределяющий ион, а также противоион.
4. Записать формулу мицеллы согласно схеме.

Методы получения золей

Золи получают двумя путями:

- 1) физической и химической конденсацией ионов или молекул в агрегаты (*конденсационные методы*);
- 2) диспергированием вещества до частиц коллоидных размеров (*диспергационные методы*).

Физическая конденсация может осуществляться при охлаждении паров или путем понижения растворимости веществ при замене растворителя.

Химическая конденсация происходит в результате химических реакций (восстановления, ионного обмена, гидролиза), сопровождающихся образованием труднорастворимых в дисперсионной среде соединений.

Основными условиями образования золей химической конденсацией являются малые концентрации исходных растворов и избыток одного из реагентов над другим, обеспечивающий формирование *мицеллы*. Знак заряда коллоидной частицы зависит от соотношения реагентов при проведении реакции получения золя.

Диспергационные методы получения золей подразделяют на механические, физические и физико-химические. К последним относится *пептизация* – переход в коллоидный раствор свежеполученных осадков, образованных при коагуляции. Пептизатор создает на поверхности частиц осадка двойной электрический слой, расталкивающий частицы. Как результат – разобщение частиц и распределение их по всему объему.

Различают пептизацию *адсорбционную, диссолюционную* и

промыванием осадка. При адсорбционной пептизации к осадку добавляют ПАВ или готовый электролит-пептизатор, неиндифферентные ионы которого избирательно адсорбируются на поверхности частиц. При диссолюционной пептизации пептизатор образуется в ходе химической реакции между молекулами поверхностных слоев частиц осадка и добавленным реагентом.

Некоторые осадки, полученные коагуляцией электролитами, можно пептизировать, промывая их растворителем. При этом удаляется избыток электролита, восстанавливаются структура двойного электрического слоя и агрегативная устойчивость золя.

Свойства золь

Высокодисперсный коллоидный раствор внешне не отличается от истинного (молекулярного или ионного) раствора соответствующей окраски. Отличие между ними можно установить по оптическим свойствам. Так, например, золи способны рассеивать свет, в результате чего наблюдаются: 1) *конус Тиндаля*, отсутствующий при прохождении светового луча через сосуд с истинным раствором; 2) *опалесценция* — различие окраски коллоидного раствора в проходящем и отраженном свете.

Знак заряда коллоидных частиц золь можно определить методом электрофореза, а для окрашенных золь - методом капиллярного анализа. При смачивании фильтровальной бумаги водой под действием сил поверхностного натяжения вода поднимается по капиллярам бумаги. При этом стенки капилляров заряжаются отрицательно, а граничащая с ними вода - положительно. Если вместо воды взять гидрозоль, то его заряженные коллоидные частицы смогут передвигаться вверх по полоске мокрой бумаги только в том случае, когда они заряжены отрицательно (одноименно со стенками капилляров). Положительно заряженные частицы будут притягиваться отрицательным зарядом стенок капилляров, и оседать на них.

Порядок выполнения работы и оформление отчета

1. Получить золи по приведенным ниже методикам.
2. Для окрашенных золей определить знак заряда частицы. Для этого на фильтровальную бумагу нанести каплю исследуемого золя. После всасывания капли золь с положительно заряженными частицами адсорбируется на бумаге и дает окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно; золь с отрицательно заряженными частицами не адсорбируется бумагой и образует на ней равномерно окрашенное пятно.
3. Для слабоокрашенных и бесцветных золей подтвердить их коллоидную природу, наблюдая светорассеяние. Золь налить в кювету с плоскопараллельными стенками. При пропускании луча света от проекционного фонаря через кювету с золем появляется светящаяся полоса - конус Тиндаля, хорошо видимый при наблюдении под углом 90° к направлению светового пучка. Заменить золь в кювете на воду или истинный раствор. Отметить разницу в светорассеянии.
4. В отчете для всех полученных золей указать название золя, способ получения; записать уравнение реакции и методику получения; отметить цвет золя, наблюдается ли светорассеяние; составить формулу мицеллы; приложить результат капиллярного анализа; указать заряд частицы золя.

Методики получения золей

Золь диоксида марганца.

Уравнение реакции:

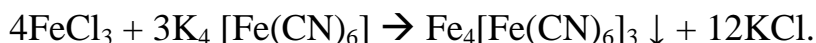


В пробирку поместить 20 капель 5% раствора KMnO_4 , и разбавить водой доверху. В разбавленный раствор добавить каплями 2% раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до изменения окраски.

Золь гексацианоферрата (II) – железа (III) (берлинской лазури)

(способ 1):

Уравнение реакции:



а) 6 капель 0,005 н. раствора FeCl_3 влить в 1 мл дистиллированной воды, встряхнуть раствор и добавить к нему 1 каплю 0,005 н. раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Полученный золь должен быть прозрачным, окрашенным в сине-зеленый цвет.

б) 6 капель 0,005 н. раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ влить в 1 мл дистиллированной воды, встряхнуть раствор и добавить к нему 1 каплю 0,005 н. раствора FeCl_3 . Образуется золь синего цвета.

Золь гидроксида железа (III):

Уравнение реакции:



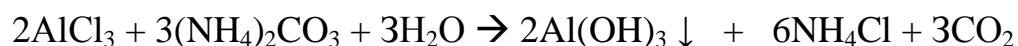
К 20 мл кипящей воды прибавляют 1-2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Образуется золь вишнево-красного цвета. Потенциалопределяющим ионом является FeO^+ , образующийся на поверхности частиц гидроксида железа (III).

Золь парафина в воде

К 2 мл воды в пробирке добавляют при взбалтывании 1 - 2 капли раствора парафина в этиловом спирте концентрацией 1 мас. %.

Золь гидроксида алюминия:

Уравнение реакции:



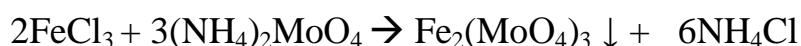
а) К 20 мл воды добавляют 15 капель 20%-ного раствора AlCl_3 , вводят по каплям при энергичном взбалтывании 10%-ный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, до тех пор, пока выпадающий осадок гидроксида алюминия не

станет растворяться с трудом. Пептизатором служит избыток $AlCl_3$, не вступивший в реакцию.

б) При смешении растворов в обратном порядке образуется золь, имеющий другой заряд. Получают этот золь, разбавляя в 4 раза 5 мл 10%-ного раствора $(NH_4)_2CO_3$, и добавляя к полученному разбавленному раствору при встряхивании 2 - 3 капли 20%-ного раствора $AlCl_3$. Осадок $Al(OH)_3$ пептизируется образовавшимся при реакции NH_4OH .

Золь молибдата железа (III):

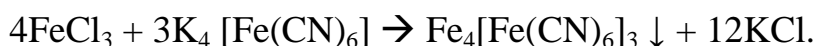
Уравнение реакции:



К 20 мл воды добавляют 20 капель 2%-ного раствора $(NH_4)_2MoO_4$, вводят 1 - 2 капли раствора $FeCl_3$ концентрации 1/5 от насыщенного. Выпадающий молибдат железа пептизируется при взбалтывании избытком $(NH_4)_2MoO_4$, который имеется в растворе.

Золь гексацианоферрата (II) – железа (III) (берлинской лазури) (способ 2):

Уравнение реакции:



Наклонив стакан объемом 50 мл, внести в него 1,5 мл (30 капель) насыщенного раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ и 0,5 мл (10 капель) 50%-го раствора $FeCl_3$. Полученную пасту палочкой перенести на складчатый фильтр, вставленный в стеклянную воронку, и залить раствором щавелевой кислоты. Осадок быстро пептизируется и из фильтра стекает интенсивно окрашенный золь берлинской лазури. Анион $C_2O_4^{2-}$ сильно адсорбируется на частицах осадка, сообщая им агрегативную устойчивость.

Примеры решения типовых задач

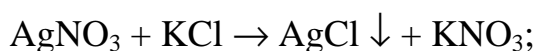
Задача 1.

Золь хлорида серебра получен добавлением к 20 мл 0,01 М раствора хлорида калия 28 мл 0,005 М раствора нитрата серебра. Напишите формулу мицеллы полученного золя и определите направление движения частиц золя при электрофорезе.

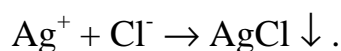
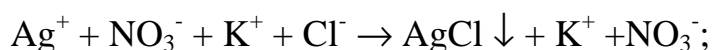
Решение.

1. Запишем уравнение реакции взаимодействия веществ.

а) в молекулярном виде:



б) в ионном виде:



Из последнего уравнения следует, что согласно *правилу Панета – Фаянса*, потенциалопределяющими ионами могут быть Ag^+ или Cl^- .

2. Определим электролит-стабилизатор, он должен быть взят в избытке. Молярная концентрация и молярная концентрация эквивалента (нормальность) растворов хлорида калия и нитрата серебра равны между собой:

$$C_{\text{H}}(\text{KCl}) = C_{\text{M}}(\text{KCl})$$

$$C_{\text{H}}(\text{AgNO}_3) = C_{\text{M}}(\text{AgNO}_3).$$

Так как эти концентрации связаны соотношением:

$$C_{\text{H}} = \frac{C_{\text{M}}}{f_{\text{ЭКВ}}}.$$

Для солей фактор эквивалентности равен:

$$f_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\text{заряд катиона} \cdot \text{число катионов}},$$

то в данном случае $f_{\text{ЭКВ}} = 1$.

Из определения молярной концентрации эквивалента:

$$C_{\text{H}} = \frac{n_{\text{э}}}{V},$$

где $n_э$ - количество вещества эквивалента, моль; V - объем раствора, л, количества вещества эквивалентов каждого реагента равны:

$$n_э(\text{KCl}) = C_n \cdot V = 0,01 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ моль-эквивалентов};$$

$$n_э(\text{AgNO}_3) = C_n \cdot V = 0,005 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ моль-эквивалентов}.$$

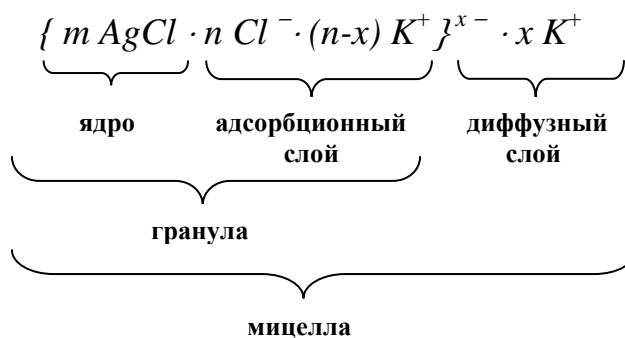
Откуда видно, что в избытке взят хлорид калия. Это электролит-стабилизатор.

3. Запишем уравнение диссоциации электролита-стабилизатора:



Откуда следует, что потенциалопределяющие ионы – Cl^- , а противоионы – K^+ .

Строение мицеллы таково:



Как видно, гранула заряжена отрицательно, значит, при электрофорезе будет двигаться к аноду.

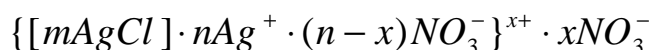
Задача 2.

При электрофорезе частицы золя хлорида серебра, полученного смешиванием равных объемов 0,005 М раствора AgNO_3 и хлорида натрия, перемещаются к катоду. В каком диапазоне находится значение концентрации раствора хлорида натрия?

Решение:

1. Из анализа результатов электрофореза можно сделать вывод, что гранула мицеллы заряжена положительно.

2. Формула мицеллы с положительным зарядом гранулы имеет вид:



3. Чтобы образовалась мицелла подобного строения, хлорид натрия должен быть в недостатке. Так как объемы смешиваемых растворов одинаковы, то концентрация хлорида натрия должна быть меньше концентрации нитрата серебра, т.е. меньше 0,005 моль/л.

Вопросы для самопроверки

- 1) В чём общность и отличие золь и суспензий как дисперсных систем типа т/ж?
- 2) Какое практическое значение имеют золи для получения наночастиц и наноструктур? Какими методами можно регулировать размер образующихся дисперсных частиц?
- 3) Дайте классификацию методов получения золь.
- 4) Объясните структуру двойного электрического слоя (ДЭС). Что такое ϕ - и ξ -потенциал? Какое строение имеет ДЭС мицеллы?
- 5) Напишите формулу мицеллы золя полученного смешением 3 мл 0,8М хлорида кальция и 4 мл 15%-ного раствора сульфата калия. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной 1 г/см³.
- 6) Золь бромида серебра получен при смешивании 20 мл раствора нитрата серебра концентрации 0,008 моль/л и 30 мл раствора KBr концентрации 0,006 моль/л. Напишите формулу мицеллы золя.
- 7) Частицы золя сульфата бария, полученного смешением равных объемов растворов хлорида бария и серной кислоты, перемещаются в электрическом поле к катоду. Одинаковы ли исходные концентрации растворов? Напишите формулу мицеллы.
- 8) Напишите схему получения золя берлинской лазури пептизацией раствором щавелевой кислоты. К какому электроду будут двигаться частицы в электрическом поле?
- 9) Напишите формулу мицеллы золя полученного смешением 3 мл 0,3М раствора хлорида алюминия и 2 мл 10%-ного раствора едкого натра. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной 1 г/см³.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

УСТОЙЧИВОСТЬ И КОАГУЛЯЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

*Электронные методические указания
к лабораторной работе*

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»
Соглашение № 1/14 от 03.06.2013 г.

Самара 2013

УДК 544.77(075)
ББК 24.6
У79

Составители: **Рощупкина Ирина Юрьевна,
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна**

Рецензент: Носова Е.А. к.т.н., доц. каф. ТМ и АМ

Устойчивость и коагуляция дисперсных систем: [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работе/ М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И. А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (327 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100.62 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900.62 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология наноэлектронных приборов».

Разработаны на кафедре химии.

Цель работы: изучение закономерностей устойчивости и коагуляции дисперсных систем на примере золь

Содержание работы: по указанию преподавателя приготовить золь и определить порог его коагуляции различными электролитами, изучить защитное действие желатины, определить «защитное число» желатины приготовленного золя

Теоретические основы эксперимента

Высокая раздробленность дисперсных систем обуславливает большую поверхность раздела фаз и, как следствие, большую поверхностную энергию, компенсация которой возможна за счет уменьшения поверхности раздела фаз в результате укрупнения частиц или их агрегации. Такие системы называют агрегативно-неустойчивыми.

Процесс слипания частиц дисперсной фазы называют *коагуляцией*.
Процесс слияния капель и пузырьков – *коалесценцией*.

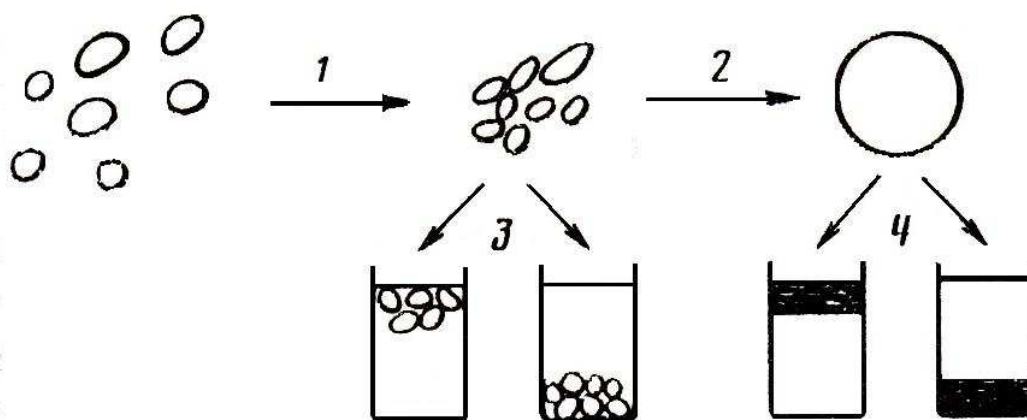


Рис. 1 Агрегативная неустойчивость дисперсных систем: 1 – коагуляция (слипание частиц); 2 – коалесценция (слияние капель); 3, 4 – расслоение (оседание и всплытие частиц и жидкости соответственно)

Внешние проявления коагуляции: помутнение раствора, изменение цвета, выпадение осадка. В концентрированных системах возможно образование объёмной структуры, в которой равномерно распределена дисперсионная среда, тогда изменяются реологические свойства системы – возрастает вязкость.

Агрегативная устойчивость термодинамически неустойчивых лиофобных систем может быть обеспечена кинетическими факторами. Такие системы могут существовать в течение определенного иногда очень длительного времени при наличии достаточно высокого потенциального барьера отталкивания частиц дисперсной фазы.

Для создания потенциального барьера отталкивания коллоидных частиц в лиофобные системы добавляют стабилизаторы: а) электролиты, б) поверхностно-активные вещества (ПАВ) и высокомолекулярные соединения (ВМС).

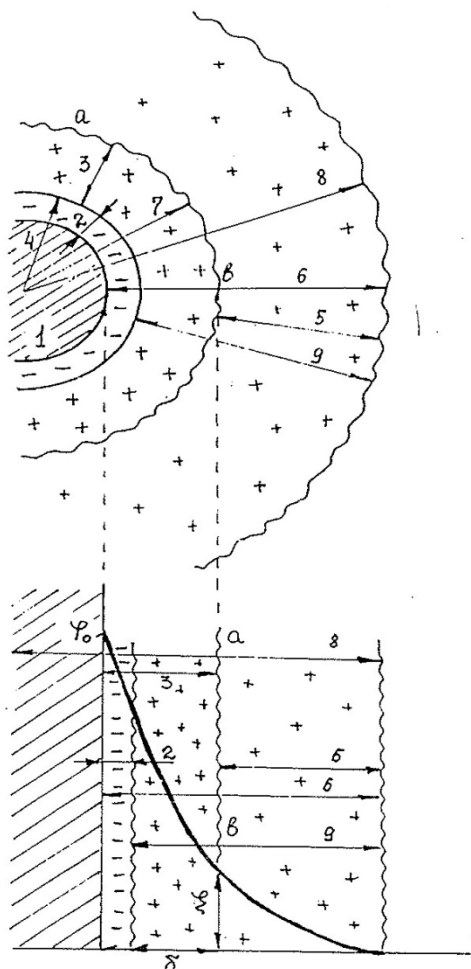


Рис. 2. Строение ДЭС и падение потенциала с расстоянием: 1 – агрегат; 2 - потенциалопределяющие ионы; 3 - адсорбционный слой противоионов; 4 – ядро; 5 - диффузный слой противоионов; 6 - двойной электрический слой; 7 - частица (гранула); 8 – мицелла; 9 - слой противоионов; ab – граница скольжения; φ_0 – полный скачок потенциала; δ – толщина двойного слоя.

Добавление электролитов приводит к образованию двойного электрического слоя (ДЭС) на межфазной границе (рис. 2).

Наличие ДЭС приводит к уменьшению поверхностного натяжения и повышению термодинамической устойчивости, с другой стороны, создает на пути агрегации частиц потенциальный барьер электростатического отталкивания (ионный фактор устойчивости). Толщина диффузного слоя δ уменьшается с ростом концентрации электролитов и при достаточно высоких концентрациях становится равной практически нулю (изоэлектрическое состояние), исчезает барьер отталкивания, частицы слипаются при каждом столкновении, происходит коагуляция золя, называемая электролитной.

Минимальное количество электролита (в моль), которое надо добавить к золю, чтобы вызвать явную (заметную на глаз) коагуляцию 1 л золя называют *порогом коагуляции* $C_{нк}$. Порог коагуляции можно рассчитать по формуле:

$$C_{нк} = \frac{C_{эл.} \cdot V_{эл.}}{V_{общий}}, \quad (1)$$

где $V_{эл.}$ – добавленный объём раствора электролита концентрацией $C_{эл.}$, вызывающий коагуляцию; $V_{общий}$ – объём системы после добавления электролита.

Величина, обратная порогу коагуляции, называется *коагулирующей силой* или *коагулирующим действием* электролита γ :

$$\gamma = \frac{1}{C_{нк}} \quad (2).$$

Коагулирующая сила ионов тем больше, чем больше заряд коагулирующего иона. Согласно *правилу Шульце-Гарди* порог коагуляции обратно пропорционален заряду (валентности) z иона-коагулянта в шестой степени:

$$C_{нк} = \frac{K}{z^6}, \quad (3)$$

где K – константа, зависящая от природы электролита и характера взаимодействия между частицами.

Значения порогов коагуляции для одно- (C_1), двух- (C_2) и трёхзарядных (C_3) ионов соотносятся как:

$$C_1 : C_2 : C_3 = 1 : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{3^6} = 1 : 0,016 : 0,0013.$$

Явление стабилизации золя при добавлении ПАВ или ВМС называют *коллоидной защитой*.

Примером ПАВ могут служить органические кислоты с достаточно большим углеводородным радикалом, их соли (мыла), сульфокислоты и их соли, высокомолекулярные спирты, амины. Например, бутановая кислота C_3H_7COOH , олеат натрия $C_{17}H_{33}COONa$, хлорид тетрадециламмония $C_{14}H_{25}NH_3Cl$, гексанол $C_6H_{13}OH$. Защитными свойствами обладают высокомолекулярные соединения, например, белковые вещества (желатин, казеин), полисахариды (крахмал).

Коллоидную защиту объясняют адсорбцией лиофильных веществ на поверхности частиц дисперсной фазы. В результате поверхность частиц становится лиофильной и покрывается сольватной оболочкой (рис. 3). Образовавшиеся таким путём оболочки предотвращают агрегацию дисперсных частиц и сообщают золям агрегативную устойчивость.

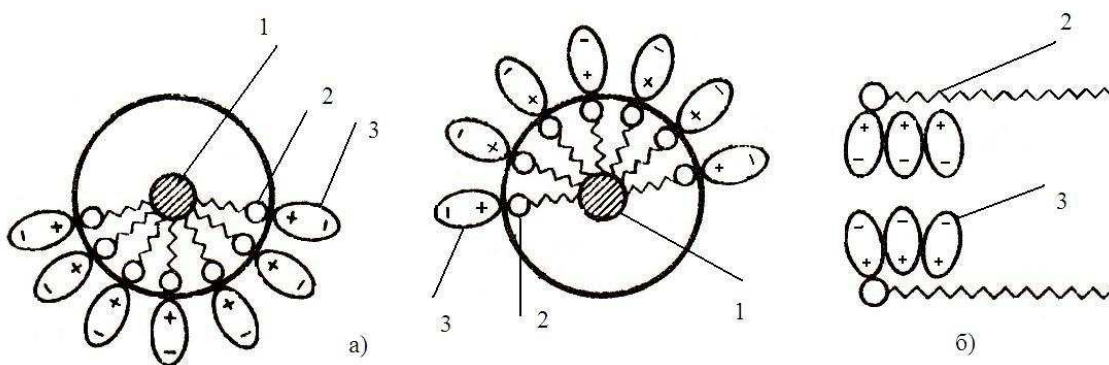


Рис. 3 Адсорбционно-сольватные слои в увеличенном масштабе между частицами (а) и сольватная оболочка между молекулами внутри адсорбционного слоя (б): 1 – частица дисперсной фазы; 2 – молекулы ПАВ или макромолекулы ВМС; 3 – полярные молекулы дисперсионной среды

Для количественной характеристики защитного действия используют

«защитное число» – минимальное количество (в мг) сухого защитного вещества, предотвращающее коагуляцию 10 мл исследуемого золя данным электролитом.

В зависимости от вида защищаемого золя существуют «железное число» (золь гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$), «золотое число» (золь золота Au), «серебряное число» (золь серебра Ag) и пр.

Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Приготовить указанный преподавателем золь по приведенной в ниже методике.
2. Определить порог коагуляции золя. Для этого подготовить три серии пробирок по 4 в каждой и заполнить их согласно таблице 1. Указанные объёмы золя, воды и растворов солей отмерять из бюреток, наливая сначала золь, затем воду, затем электролит. Встряхнуть раствор и через 30 минут отметить в таблице знаком «+», в каких пробирках произошла явная коагуляция (помутнение). Для коагуляции $\text{Fe}(\text{OH})_3$ использовать растворы: 2 М KCl , 0,05 М K_2SO_4 и 0,001 М $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, а для коагуляции золя берлинской лазури: 2М KCl , 0,02М MgCl_2 и 0,002М AlCl_3 .

Таблица 1

Определение порога коагуляции золя

№	Объём золя, мл	Объём воды, мл	Объём электролита, мл	Помутнение через 30 минут после добавления электролита		
				1	2	3
1	5	4,5	0,5			
2	5	4	1			
3	5	3	2			
4	5	1	4			

При оформлении отчета записать формулу мицеллы золя, указать ион-коагулянт, рассчитать пороги коагуляции по формуле (1), проверить выполнение правила Шульце-Гарди.

3. Определить условия полной гетерокоагуляции.

Определение условий полной гетерокоагуляции зольей

№	Объёмы зольей, мл		Степень взаимной коагуляции (полн., частичн.)	Цвет раствора над осадком	Знак заряда частиц
	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$			
1	0,5	4,5			
2	1,0	4,0			
3	2,0	3,0			
4	3,0	2,0			
5	4,0	1,0			
6	4,5	0,5			

Приготовить золь гидроксида железа (III) с положительно заряженными частицами и золь берлинской лазури с отрицательно заряженными частицами по методикам, приведенным ниже. В шести пробирках смешать приготовленные золи, следуя таблице. Объёмы зольей отмерять с помощью бюреток. Через 30 мин отметить степень коагуляции и окраску растворов над осадком, определить знак заряда частиц в смесях, где не наступила коагуляция, методом капиллярного анализа (см. лабораторную работу «Получение и свойства зольей»).

При оформлении отчета результаты эксперимента занесите в таблицу 2. Укажите условия полной коагуляции.

4. Изучить защитное действие желатина на золь. 10 мл золя оттитровать 0,02 молярным раствором сульфата аммония до помутнения. Записать в таблицу израсходованный объём раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В другой пробирке к 10 мл золя 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. В третьей пробирке к 10 мл золя, защищённого 1 мл раствора желатина, добавить несколько кристалликов сухого порошка сульфата аммония, вызывающего уменьшение растворимости желатина. Что происходит? Почему белые хлопья желатина, выпавшие в начале, окрашиваются? Результаты наблюдений представьте в виде таблицы 3. Сделайте вывод о

влиянии желатина на устойчивость золя к коагуляции электролитами.

Таблица 3

Защитное действие желатина на золь

Объём золя, мл	Добавлено			Наблюдения
	(NH ₄) ₂ SO ₄ 0,02М, мл	Желатина 0,05%, мл	(NH ₄) ₂ SO ₄ сухой	
10		0	–	Помутнение
10		1	–	
10	0	1	+	

5. Определить «защитное число» желатина. В 6 пробирок налить по 1 мл дистиллированной воды. В первую добавить 1 мл 0,2% раствора желатина. После перемешивания 1 мл раствора из первой пробирки перенести во вторую, затем из второй – в третью и т. Д. Из шестой пробирки 1 мл раствора вылить. После этого во все пробирки прибавить по 1 мл золя. Содержимое каждой пробирки энергично встряхнуть и через 1-2 минуты добавить по 1 мл 0,005 М раствора Na₂SO₄. Через 5 минут отметить последнюю по счёту пробирку, в которой не отмечается помутнения. Рассчитать «защитное число» желатина (в мг/10 мл золя).

Пример расчёта:

В результате последовательного разбавления в пробирках получилось по 1 мл раствора желатина в концентрациях: 0,1; 0,05; 0,025; 0,0125; 0,006 и 0,003%. Если, например, в первых трёх пробирках после добавления Na₂SO₄ золь не изменился, а в остальных трёх появились муть и осадок, то минимальное защищающее количество желатина находится в третьей пробирке.

Так как концентрации растворов очень малы, то их плотности можно принять равными плотности воды, т.е. 1 г/см³. Тогда масса желатина (*m*), содержащегося в растворе в третьей пробирке равна:

$$m = \frac{1 \cdot 0,025}{100} = 0,00025 \text{ г} = 0,25 \text{ мг}$$

Таким образом, 0,25 мг желатина защищает 1 мл золя. Чтобы защитить 10 мл золя потребуется 2,5 мг желатина. Следовательно, «защитное число»

желатина равно 2,5.

Методики приготовления золь

Золь гидроксида железа (III).

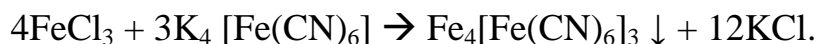
Уравнение реакции:



К 20 мл кипящей воды прибавляют 1-2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Образуется золь вишнево-красного цвета. Потенциалопределяющим ионом является FeO^+ , образующийся на поверхности частиц гидроксида железа (III).

Золь гексацианоферрата (II) – железа (III) (берлинской лазури)

Уравнение реакции:



К 50 мл 0,01% раствора $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ при непрерывном перемешивании прибавить 60-62 капли 2% раствора FeCl_3 . Получится золь с отрицательно заряженными частицами.

Решение типовых задач

Задача 1.

Пороги коагуляции некоторого золь электролитами KNO_3 , MgCl_2 , NaBr равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Каков знак заряда коллоидной частицы?

Решение:

1. Вычислим величину коагулирующего действия γ для каждого электролита:

$$\gamma = 1/C_{нк} ;$$

$$\gamma(\text{KNO}_3) = 1/50 = 0,0200 \text{ л/моль};$$

$$\gamma(\text{NaBr}) = 1/49 = 0,0204 \text{ л/моль};$$

$$\gamma(\text{MgCl}_2) = 1/0,8 = 1,2500 \text{ л/моль}$$

Видим, что MgCl_2 обладает наибольшим коагулирующим действием.

2. Найдем соотношение коагулирующих действий данных электролитов:

$$\gamma(\text{KNO}_3) : \gamma(\text{NaBr}) : \gamma(\text{MgCl}_2) = 0,0200 : 0,0204 : 1,2500 = 1 : 1,02 : 62,5.$$

Анионы во всех данных электролитах однозарядны, заряды катионов равны +1 и +2. Коагулирующее действие катионов пропорционально их заряду в шестой степени, что соответствует правилу Шульце-Гарди:

$$\gamma(\text{K}^+) : \gamma(\text{Na}^+) : \gamma(\text{Mg}^{2+}) \approx 1^6 : 1^6 : 2^6.$$

3. Так как ионами-коагулянтами являются катионы, то заряд коллоидной частицы – отрицательный.

Задача 2.

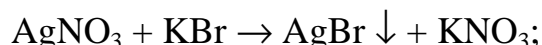
Пороги коагуляции электролитов для золь бромида серебра, полученного смешением растворов бромида калия и нитрата серебра, составляют (моль/л): KNO_3 – 260, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ – 6, AlPO_4 – 0,06, BaSO_4 – 6,1, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ – 0,067. Определите знак заряда золь и напишите формулу мицеллы.

Решение:

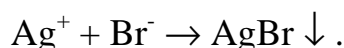
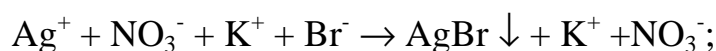
1. Расположим электролиты в порядке уменьшения их порогов коагуляции: $\text{KNO}_3 > \text{BaSO}_4 \approx \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 > \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \approx \text{AlPO}_4$. Видим, что пороги коагуляции уменьшаются с увеличением заряда катиона и не изменяются при замене аниона. Делаем вывод, что золь коагулируется положительно заряженными ионами, следовательно, коллоидные частицы имеют отрицательный заряд.

2. Запишем уравнение реакции взаимодействия веществ.

а) в молекулярном виде:

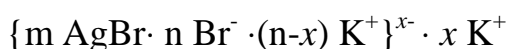


б) в ионном виде:



Потенциалопределяющими будут отрицательные бромид ионы, а противоионами – положительные ионы калия.

3. Формула мицеллы имеет вид:



Задача 3.

Коагуляция 4 л золя гидроксида железа (III) наступила при добавлении 0,91 мл 10%-ного раствора сульфата магния (плотность 1,1 г/мл). Вычислите порог коагуляции золя сульфат-ионами.

Решение:

1. Вычислим молярную концентрацию электролита-коагулянта:

$$C_M(\text{MgSO}_4) = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M(\text{MgSO}_4)} = \frac{10\% \cdot 1,1 \text{ г/мл} \cdot 10}{120 \text{ г/моль}} = 0,917 \text{ моль/л};$$

2. Вычислим порог коагуляции по формуле (1):

$$C_{\text{нк}} = \frac{C(\text{MgSO}_4) \cdot V(\text{MgSO}_4)}{V(\text{MgSO}_4) + V_{\text{золя}}} = \frac{0,917 \cdot 0,91 \cdot 10^{-3}}{0,91 \cdot 10^{-3} + 4} = 2,09 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Ответ: Порог коагуляции равен $2,09 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Задача 4.

Порог коагуляции золя гидроксида алюминия дихромат-ионами равен 0,63 ммоль/л. Какой объем 10%-ного раствора дихромата калия (плотностью 1,07 г/мл) требуется для коагуляции 1,5 л золя?

Решение:

1. Вычислим молярную концентрацию электролита, вызвавшего коагуляцию:

$$C_M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)} = \frac{10 \times 1,07 \times 10}{294} = 0,364 \text{ моль/л}.$$

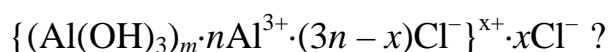
2. Обозначим искомый объем электролита-коагулянта через «x», и подставим в формулу (2.1):

$$0,63 \cdot 10^{-3} = \frac{0,364 \cdot x}{1,5 + x} \Rightarrow x = 0,00260 \text{ л} = 2,60 \text{ мл}.$$

Ответ: объем раствора дихромата калия равен 2,60 мл.

Вопросы для самопроверки

- 1) Какое явление называют «коагуляцией»?
- 2) Назовите причины, вызывающие коагуляцию золей.
- 3) Почему для промывания осадков галогенидов серебра и многих сульфидов используют не дистиллированную воду, а растворы HNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{NH}_4\text{OOCCH}_3$ и т.п.?
- 4) Что такое «порог коагуляции»? Приведите формулу для расчёта $C_{нк}$.
- 5) Определите порог коагуляции золя Al_2O_3 , если коагуляция происходит при добавлении 50 мл раствора K_2CrO_4 концентрации $0,01 \text{ кмоль/м}^3$ к 10^{-3} м^3 золя.
- 6) От чего зависит величина порога коагуляции? Правило Шульце-Гарди.
- 7) Как расположатся пороги коагуляции в ряду электролитов: Na_3PO_4 , AlCl_3 , MgSO_4 для золя берлинской лазури, стабилизированного FeCl_3 ?
Напишите формулу мицеллы этого золя.
- 8) Напишите формулу мицеллы золя серебра, стабилизированного KagO .
Какой электролит будет иметь наименьший порог коагуляции: Na_2SO_4 , BaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?
- 9) Порог коагуляции золя гидроксида алюминия составляет $0,63 \text{ ммоль/л}$.
Какой объём $0,01 \text{ М}$ раствора MgSO_4 надо добавить к 100 мл золя, чтобы вызвать его коагуляцию?
- 10) Что такое «коагулирующая сила электролита»? От чего она зависит?
- 11) Какой из перечисленных электролитов обладает наибольшей коагулирующей силой по отношению к положительно заряженному золю гидроксида железа: KCl , MgSO_4 , Na_3PO_4 , $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$?
- 12) У какого из приведенных электролитов, NH_4Cl или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, больше коагулирующая способность по отношению к золю гидроксида алюминия:



- 13) Даны пороги коагуляции (в моль/л): KCl – 90; $MgCl_2$ – 1,417; $AlCl_3$ – 0,113. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Определить знак заряда золя иодида серебра, который был коагулирован этими электролитами. Написать формулу мицеллы данного золя.
- 14) Дайте определение понятию «коллоидная защита». Поясните механизм коллоидной защиты.
- 15) Приведите примеры стабилизаторов золей.
- 16) Что такое «защитное число» золя?

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОРОШКОВ

*Электронные методические указания
к лабораторной работе*

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»
Соглашение № 1/14 от 03.06.2013 г.

Самара 2013

УДК 544.77(075)

ББК 24.6

С28

Составители: **Рощупкина Ирина Юрьевна,
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна**

Рецензент: доц. каф. ТМ и АМ, к.т.н. Носова Е.А.

Седиментационный анализ порошков: [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работе/ М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И. А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (1353 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100.62 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900.62 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология наноэлектронных приборов».

Разработаны на кафедре химии.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Цель работы: с помощью метода непрерывного взвешивания на торсионных весах определить содержание и характерные размеры частиц исследуемого порошка

Содержание работы: определить во времени массу частиц исследуемой суспензии, оседающих на чашечку торсионных весов; получить кривую седиментации и провести её графическую обработку; построить дифференциальную и интегральную кривую распределения частиц по радиусам и определить наивероятнейший радиус.

Теоретические основы эксперимента

Частицы грубодисперсных систем (суспензий, эмульсий и др.) не участвуют в броуновском движении и в зависимости от соотношения плотностей частиц и среды либо осаждаются под действием силы тяжести, либо всплывают под действием сил Архимеда.

Процесс осаждения называют *седиментацией*, а процесс всплытия – обратной седиментацией или *флокуляцией*.

Наблюдение за скоростью седиментации в суспензиях позволяет сравнительно легко и удобно определять размер частиц. Применяющиеся при этом методы получили название методов *седиментационного анализа*.

Оседание частиц в жидкой среде происходит под действием силы тяжести. Вначале частица движется ускоренно, так как сила тяжести превышает силу трения при малых скоростях. По мере увеличения скорости частицы сила трения растет и в некоторый момент уравнивает силу тяжести, и частица начинает двигаться с постоянной скоростью. При стационарном режиме скорость оседания частиц U связана с их радиусом r уравнением Стокса:

$$U = \frac{2gr^2(\rho - \rho_0)}{9\eta}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; ρ и ρ_0 – плотность частицы и

дисперсионной среды, соответственно, кг/м^3 ; η – вязкость дисперсионной среды, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

Для монодисперсной системы, состоящей из частиц, одинаковых по размеру, скорость оседания тоже одинакова. Все частицы будут смещаться на некоторую высоту h за время t . Если скорость оседания выразить, как

$$U = \frac{h}{t},$$

то радиус частицы можно вычислить по уравнению:

$$r = k \sqrt{\frac{h}{t}}, \quad (2)$$

где $k = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_0)g}}$ – величина постоянная для данной дисперсионной среды и дисперсной фазы.

Наиболее удобным методом седиментационного анализа является метод непрерывного взвешивания. Он сводится к определению скорости накопления осадка на чашке весов. По результатам опыта строят кривую оседания, т.е. кривую зависимости массы осадка от времени $P_i = f(t)$, где P_i – масса осадка на чашке m_i , накопившегося ко времени t в процентах от общей массы частиц Q :

$$P_i = \frac{m_i}{Q} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Для монодисперсной суспензии эта зависимость выражается прямой ОА (рис. 3.1). При данной концентрации суспензии и высоте оседания h угол наклона линии ОА зависит только от размера частиц.

Оседание частиц двух размеров протекает более сложно и описывается линией ОВС (рис. 1).

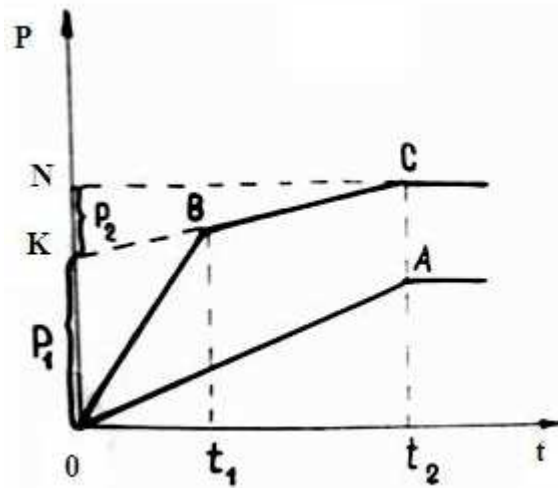


Рис. 1 Кривые седиментации монодисперсной системы (ОА) и бидисперсной системы (ОВС)

В момент времени t_1 получается излом в точке В, когда полностью оседает фракция частиц с радиусом r_1 . Продляя отрезок ВС до пересечения с осью ординат, получаем на ней отрезок ОК, соответствующий относительному весу выпавшей фракции P_1 . Отрезок ВС отвечает оседанию частиц более мелких размеров с радиусом $r_2 < r_1$. Проведя из точки С линию, параллельную оси времени, на оси ординат получаем отрезок КN, отвечающий относительному содержанию второй фракции P_2 .

Сумма отрезков ОК и КN отвечает полному количеству обеих фракций Q с размерами частиц r_1 и r_2 .

Используя время оседания t_1 и t_2 каждой фракции, соответствующие точкам изломов на суммарной линии оседания, вычисляют по уравнению (3.2) радиусы частиц, а по линии оседания – относительные количества фракций с данными размерами частиц в суспензии.

Для полидисперсной системы, радиусы частиц которой могут принимать любое значение в определенном интервале, график оседания выражается плавной кривой, близкой к параболе – предел ломаной линии с бесконечно малыми прямолинейными участками (рис. 2).

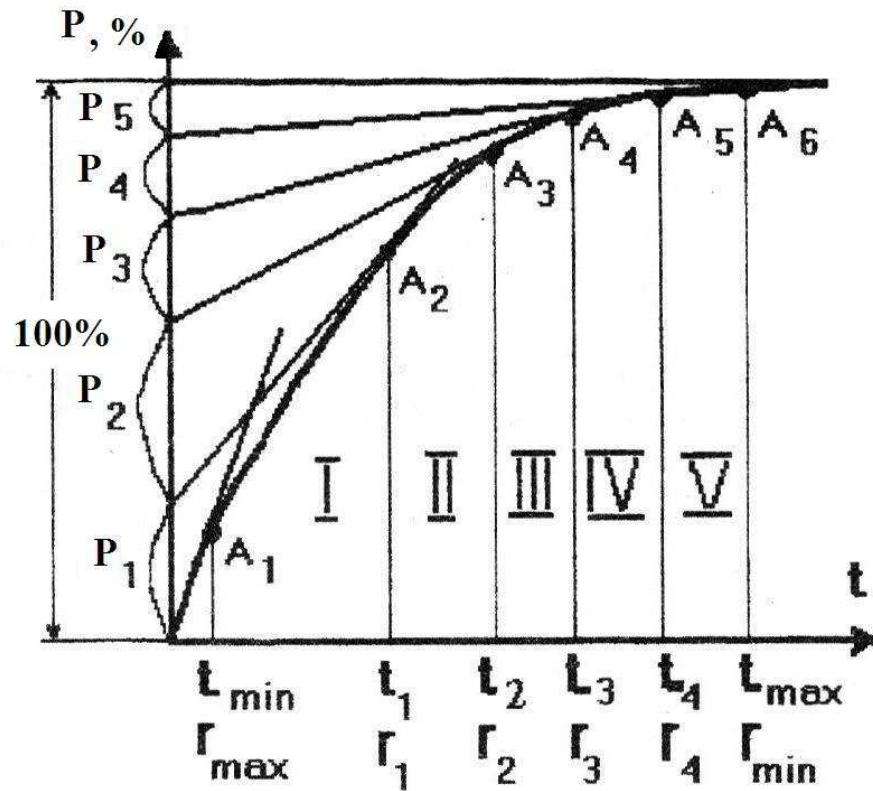


Рис. 2 Кривая седиментации полидисперсной системы

Обработку кривой седиментации полидисперсной системы проводят следующим образом:

1. Определяют наибольший радиус r_{max} частиц данной системы. Для этого проводят касательную к кривой в начале координат, абсцисса точки отрыва касательной от кривой в начале координат A_1 соответствует времени полного осаждения t_{min} самой крупной фракции с предельным радиусом:

$$r_{max} = k \sqrt{\frac{h}{t_{min}}}$$

2. Определяют наименьший радиус частиц исследуемой системы r_{min} . Для этого продолжают к оси ординат горизонтальный участок кривой седиментации, абсцисса точки отрыва горизонтали от кривой седиментации A_6 соответствует времени полного осаждения всех частиц системы t_{max} , а ордината – массе всех осажденных частиц Q или 100%. Наименьший радиус частиц рассчитывают по формуле:

$$r_{min} = k \sqrt{\frac{h}{t_{max}}},$$

3. Участок кривой седиментации между r_{min} и r_{max} разбивают на 5-7 фракций, используя ряд точек в местах наибольшего изменения кривизны линии A_2 , A_3 и т.д. Определяют время полного осаждения каждой фракции t_1 , t_2 , t_3 и т.д. и вычисляют по уравнению (2) предельные радиусы фракций r_1 , r_2 , r_3 и т.д.
4. Определяют процентное содержание частиц каждой фракции. Для этого к точкам кривой A_2 , A_3 и т.д. проводят касательные и продолжают их до пересечения с осью ординат. Разности ординат точек пересечения и есть относительное содержание частиц каждой фракции P_1 , P_2 , P_3 и т.д.
5. Строят интегральную кривую распределения частиц по размерам – зависимость величины P (процентного содержания фракции частиц с радиусами от r_{max} до r) от r . Общий вид такой кривой полидисперсной системы представлен на рис. 3, а. Интегральная кривая позволяет определить процентное содержание фракций. Например, для фракции, содержащей частицы с размерами от r_1 до r_2 , оно равно $\Delta P = P_2 - P_1$.
6. Рассчитывают значения дифференциальной функции распределения частиц по радиусам $F = \Delta P / \Delta r$ и строят дифференциальную кривую распределения как зависимость функции F от среднего радиуса частиц в данной фракции (рис. 3, б). Для этого, используя интегральную кривую, определяют приращения ΔP для серий фракций Δr , а r_{cp} каждой фракции находят как среднее арифметическое $r_{cp} = (r_1 + r_2) / 2$.

Процентное содержание фракции частиц с размерами от r_1 до r_2 характеризуется площадью участка под кривой, а площадь под всей кривой равна массе всех осевших частиц системы (100%).

На кривой можно выделить три наиболее характерных для системы размера частиц: минимальный r_{min} , максимальный r_{max} и наивероятнейший r_n , отвечающий максимальному значению функции F и максимальному содержанию частиц данных размеров в полидисперсной суспензии.

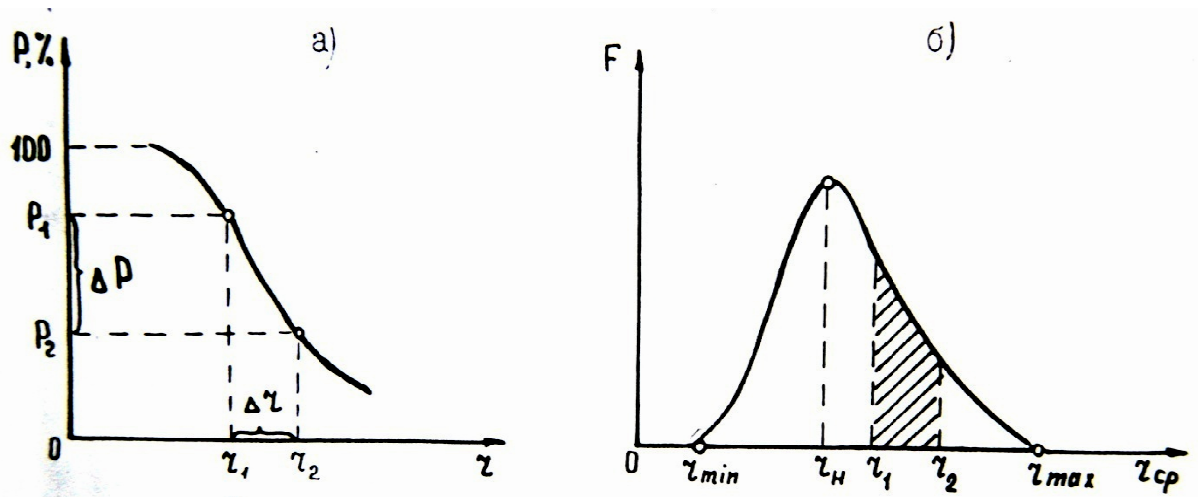


Рис. 3 Кривые распределения частиц полидисперсной системы: а) интегральная кривая распределения; б) дифференциальная кривая распределения.

Описанный выше способ обработки кривой седиментации называется «метод касательных».

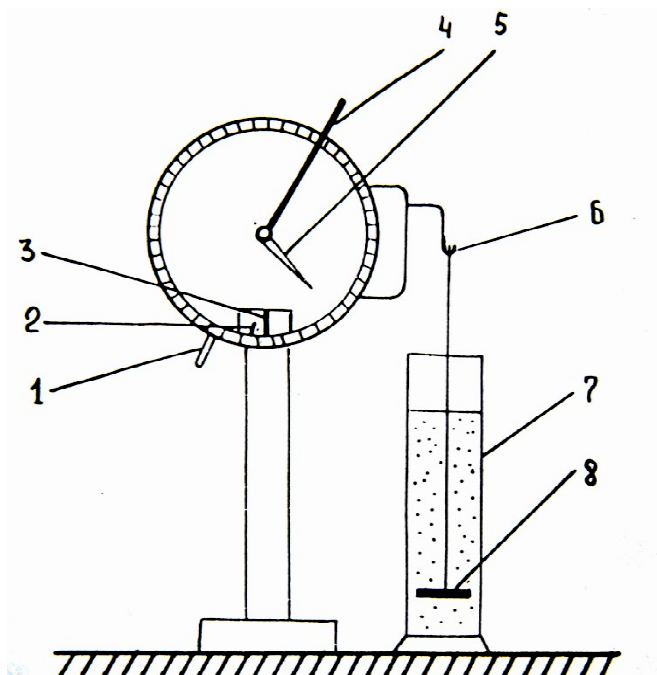
Приборы и методика измерений

Для проведения работы необходимы:

1. Торсионные весы;
2. Чашечка для взвешивания;
3. Стеклоанный цилиндр на 500 мл;
4. Мешалка;
5. Секундомер;
6. Дисперсная система.

Для получения кривой седиментации определяют с помощью торсионных весов (рис. 4) изменение во времени массы частиц, осаждающихся на чашечку 8, помещенную в стеклянный цилиндр 7 с суспензией исследуемого порошка. Чашечка подвешивается на крючок 6, которым заканчивается коромысло весов. Для проведения измерений арретир весов 1 перемещают в крайнее правое положение (при этом стрелка циферблата 5 должна находиться напротив нуля шкалы). Стрелка весов 2

отклоняется влево от риски 3. Поворотом рычага 4 против часовой стрелки совмещают стрелку 2 с риской 3. Отсчитывают показания (в мг) по положению стрелки 5.



торсионных

весов;

подвешивания;

верблота;

чашки;

цилиндр;

Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Определяют показания торсионных весов m_0 , отвечающие массе пустой чашечки в чистой дисперсионной среде (дистиллированной воде). Воду наливают в цилиндр до метки, соответствующей уровню исследуемой суспензии.
2. Приготавливают суспензию (~ 0,5%-ную), для чего навеску исследуемого порошка вносят в цилиндр с дистиллированной водой и плавными движениями мешалки вверх и вниз перемешивают суспензию. Затем в суспензию быстро вносят измерительную чашечку и подвешивают ее к коромыслу весов, одновременно включают секундомер.
3. Отмечают показания весов $m_{изм.}$ через каждые 30 секунд, затем интервалы увеличиваются до 1 мин, 3 мин, 5 мин по мере того, как за предыдущий интервал времени изменение массы становится незначительным. Заканчивают измерения, когда за ~10 мин изменение массы составит не более 2-3 мг. Результаты записывают в таблицу 1 и строят кривую

оседания. За общую массу частиц осевших на чашку Q принимают результат последнего измерения.

Таблица 1

Результаты седиментационного анализа

Время от начала эксперимента t , с	Показания весов $m_{изм.}$, мг	Масса осевших частиц $m = m_{изм.} - m_0$, мг	Относительный вес P , %	Радиус r , мкм

4. Кривую седиментации обрабатывают по «методу касательных» (см. раздел «Теоретические основы эксперимента»). Для построения интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размерам заполняют таблицу 2. По дифференциальной кривой распределения определяют наивероятнейший радиус частиц.

Таблица 2

Результаты обработки данных седиментационного анализа

Фракции Δr , мкм		Относительный вес фракции P , %	Плотность распределения $F = \Delta P / \Delta r$	Средний радиус фракции $r_{ср.}$, мкм
Пределы	Δr			

Вопросы для самопроверки

- 1) Что такое «суспензия»?
- 2) Каким характерным свойством обладают суспензии?
- 3) Что называется кинетической устойчивостью суспензий?
- 4) Приведите уравнение для определения скорости оседания частиц.
- 5) Как оседают частицы в монодисперсной и полидисперсной системе? Приведите кривые оседания.

- 6) Как построить кривую седиментации, интегральную и дифференциальную кривые распределения?
- 7) Что такое «наиболее вероятный радиус»?
- 8) Как определить содержание частиц для данного интервала размеров по интегральной и дифференциальной кривым распределения?
- 9) Частицы бентонита диаметром 2,5 мкм оседают в водной среде под действием силы тяжести. Определите время оседания t на расстояние $h=0,1$ м, если плотность бентонита равна $2,1 \text{ г/см}^3$, плотность среды равна $1,1 \text{ г/см}^3$, и вязкость среды $2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$.
- 10) Вычислите скорость оседания эмульсии ртути в воде, если диаметр каплей ртути 1 мкм, плотность $13,6 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Вязкость эмульсии принять равной вязкости воды.
- 11) Время оседания частиц в воде на 1 см равно 16 ч. Найдите размер частиц, если форма их сферическая, а плотность равна $11 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.
- 12) Пробирка высотой 0,1 м заполнена суспензией кварца (плотность $2,65 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$) в воде. Время полного оседания частиц 2 часа. Каков размер частиц, если форма их сферическая?
- 13) Рассчитайте, с какой скоростью будут оседать частицы тумана, если радиус каплей 1 мкм, вязкость воздуха $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$.
- 14) С какой скоростью осаждаются частицы аэрозоля хлорида аммония (плотность $\rho = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), имеющие радиус $4,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Вязкость воздуха можно принять равной $1,76 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$, а плотностью воздуха пренебречь.
- 15) Вычислите радиусы монодисперсных фракционированных частиц соединений ртути, оседающих в воде под действием силы тяжести, если при плотности частиц $\rho = 10 \cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, температуре воды $T = 15^\circ\text{C}$, плотности $\rho_0 = 0,99913 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ и вязкости $\eta = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ частицы осели на 1 см в первом опыте за 5,86 с, во втором - за 9,8 мин, а в третьем - за 16 ч.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

ИЗОТЕРМЫ АДсорбции ГИББСА И ЛЕНГМЮРА

*Электронные методические указания
к лабораторным работам*

Работа выполнена по мероприятию блока 1
«Совершенствование образовательной деятельности»
Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту
«Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров ново-
го направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»»
Соглашение № 1/14 от 03.06.2013 г.

Самара 2013

УДК 541.18(075)
ББК 24.5я7
ИЗ8

Составители: **Рощупкина Ирина Юрьевна,**
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна

Рецензент: Носова Е.А., к.т.н., доц. каф. ТМ и АМ

Изотермы адсорбции Гиббса и Ленгмюра [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И. А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (192 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100.62 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900.62 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология наноэлектронных приборов».

Разработано на кафедре химии.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Цель работы: изучение основных закономерностей поведения веществ в поверхностном слое, описание адсорбции уравнениями Гиббса и Ленгмюра, определение параметров ПАВ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Адсорбция на подвижных границах раздела фаз: между жидкостью и газом (ж-г), между двумя несмешивающимися жидкостями (ж-ж) имеет большое значение для дисперсных систем, в том числе и для биологических.

Любая биологическая система, в том числе клетка, является гетерогенной системой с сильно развитой поверхностью раздела, в основном, в виде биологических мембран. А многие жизненно важные биохимические процессы в организме протекают именно на поверхности мембран. Поэтому для понимания их механизма необходимо знание основных закономерностей, которым подчиняются поверхностные явления.

Простых и доступных методов для определения величины адсорбции на подвижных границах раздела фаз пока не существует. Однако, благодаря работам Гиббса, имеется уравнение, связывающее величину адсорбции с изменением поверхностного натяжения при изменении концентрации раствора.

Поверхностное натяжение σ - сила, действующая на поверхности раздела и стремящаяся сократить свободную поверхность тела до наименьших возможных пределов.

Поверхностно-активными веществами (ПАВ) называются вещества, уменьшающие поверхностное натяжение раствора. Самопроизвольное увеличение концентрации ПАВ в поверхностном слое, отнесенное к единице поверхности раздела, называется **адсорбцией Γ** .

Простое термодинамическое соотношение между адсорбцией Γ и изменением поверхностного натяжения с активной концентрацией растворенного вещества $\frac{d\sigma}{dc}$, было выведено Гиббсом. Для разбавленных растворов оно имеет вид:

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}, \quad (1)$$

где Γ - адсорбция, кмоль \cdot м⁻² ;

C - концентрация раствора, кмоль \cdot м⁻³;

R –универсальная газовая постоянная, Дж \cdot моль⁻¹ \cdot К⁻¹.

Величина $-\frac{d\sigma}{dc}$ является мерой способности вещества понижать поверхностную энергию и называется **поверхностной активностью G** , измеряется в Н \cdot м² \cdot кмоль⁻¹.

Построение изотермы адсорбции Гиббса.

Изотерма адсорбции строится с использованием изотермы поверхностного натяжения. По экспериментальным данным для заданного ПАВ строят зависимость поверхностного натяжения σ от концентрации раствора ПАВ. Приблизительно вид зависимости изображен на рис.1.

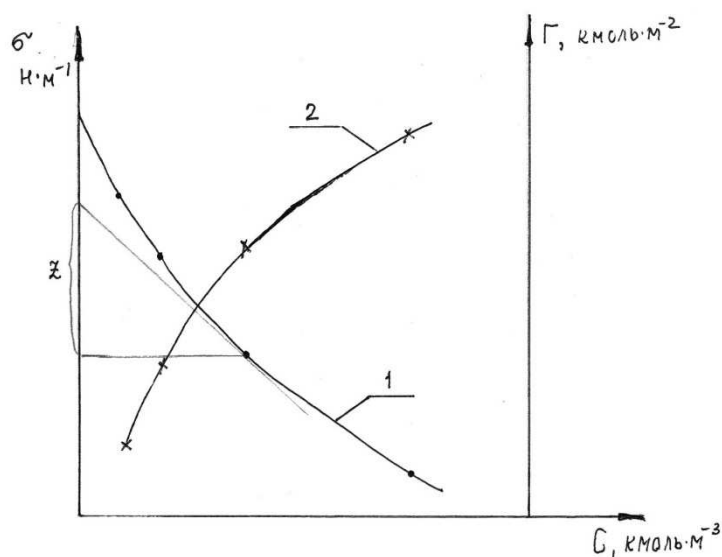


Рис.1. Изотермы поверхностного натяжения (1) и адсорбции Гиббса (2).

Для каждой из исследуемых концентраций находят величину отрезка z . Для этого к каждой точке, соответствующей определенной концентрации, проводят

касательную и линию, параллельную оси концентраций, чтобы эти линии пересекли ось ординат. На оси ординат отсекается отрезок z .

Из рис.1 видно, что

$$\frac{z}{c} = -\frac{d\sigma}{dc} = G \quad (2)$$

Подставляя в уравнение Гиббса (1) получаем

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc} = \frac{z}{RT} \quad (3)$$

Рассчитав величину Γ по уравнению (3), строят изотерму адсорбции $\Gamma = f(C)$.

Следует учесть, что в уравнении (3) $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Построение изотермы адсорбции Ленгмюра.

Определение параметров ПАВ.

Накопление ПАВ на границе раздела фаз стремится к некоторому пределу, когда адсорбционный слой достигает насыщения. Изотерма адсорбции описывается уравнением Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bC}{1+bC}, \quad (4)$$

где Γ_{∞} - предельная концентрация вещества, адсорбированного на 1 м^2 поверхности раздела или **предельная адсорбция**, $\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-2}$;

b - константа адсорбционного равновесия, равная отношению констант скоростей процессов адсорбции и десорбции.

Максимальное число адсорбированных молекул на 1 м^2 составляет $\Gamma_{\infty} \cdot N_A$, (N_A - число Авогадро). Следовательно, площадь, занимаемая молекулой в насыщенном адсорбционном слое (площадь поперечного сечения молекулы), равна

$$S_{\infty} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot N_A} \quad (5)$$

Толщина насыщенного адсорбционного слоя, т.е. длина l молекулы ПАВ вычисляют по формуле

$$l = \frac{\Gamma_{\infty} \cdot M}{\rho}, \quad (6)$$

где M – молярная масса ПАВ, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$; ρ – плотность ПАВ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Изотерму адсорбции Ленгмюра строят в виде прямой. Для этого уравнение Ленгмюра приводят к виду прямой:

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot b} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot C \quad (7)$$

Примерный вид зависимости показан на рис.2.

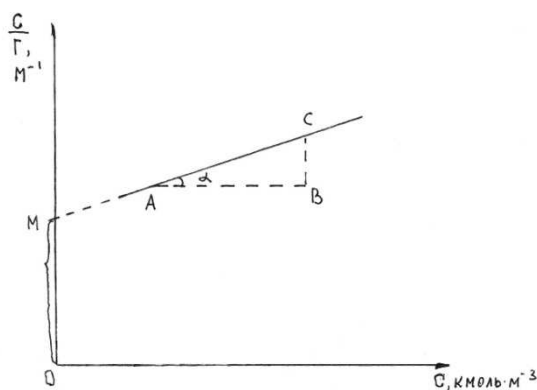


Рис.2. Изотерма адсорбции Ленгмюра.

Тангенс угла наклона α позволяет определить Γ_{∞} :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \quad \text{или} \quad \operatorname{ctg} \alpha = \Gamma_{\infty} \quad (8)$$

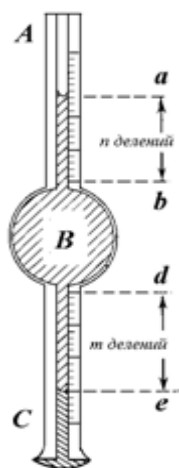
Измеряя длину отрезков АВ и ВС в масштабах осей, которым они параллельны, рассчитывают $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{AB}{BC}$. Измеряя длину отрезка ОМ в масштабе оси, находят константу адсорбционного равновесия b :

$$b = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot OM} \quad (9)$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Аппаратура для выполнения работы

Из многочисленных методов измерения поверхностного натяжения чаще всего используют сталагмометрический метод.



Сталагмометр (рис.3) представляет собой прямую трубку, имеющую расширение, обозначенное буквой В , выше и ниже которого нанесены метки А и С. Нижний конец трубки является капилляром, который оканчивается горизонтальной хорошо отшлифованной плоскостью. Определение поверхностного натяжения жидкости основано на установлении массы капли жидкости, медленно образующейся и отрывающейся с конца капилляра.

Рис.3. Сталагмометр.

Практически более удобно определять **число капель** в резервуаре с известным объемом. Число капель подсчитывают при вытекании жидкости через капилляр. Применяют сравнительный метод для определения поверхностного натяжения жидкости. Он заключается в подсчете капель n_0 эталонной жидкости (обычно растворителя) с известным поверхностным натяжением σ_0 и числа капель n_x исследуемой жидкости с поверхностным натяжением σ_x . Поверхностное натяжение исследуемой жидкости σ_x рассчитывают по следующей формуле:

$$\sigma_x = \sigma_0 \frac{n_0 \cdot \rho_x}{n_x \cdot \rho_0}, \quad (10)$$

где ρ_0 и ρ_x - плотность эталонной и исследуемой жидкости соответственно.

Методика выполнения работы

1.Погрузите нижний конец сталагмометра, закрепленного в штативе, в эталонную жидкость, налитую в стакан.

2.С помощью груши создайте в сталагмометре разрежение и поднимите уровень жидкости выше верхней метки А.

3.Поднимите сталагмометр над уровнем жидкости в стакане и закрепите его строго вертикально.

4.Отсчет капель начинайте, когда мениск жидкости достигнет верхней метки А, и продолжайте до последней упавшей капли.

5.Повторите определение числа капель эталона еще раз, среднее значение запишите в таблицу 1.

6.Повторите опыт, заменив эталонную жидкость в стакане последовательно растворами исследуемой жидкости следующих концентраций: 0,01М, 0,02М, 0,04М, 0,08М и 0,16М.

Обработка результатов эксперимента и содержание отчета

При оформлении отчета в протоколе лабораторной работы следует указать:

1. Цель работы и задачи исследования.
2. Краткое изложение методики эксперимента и схему установки.
3. Заполнить таблицу 1 по указанному образцу. Для одной из строчек таблицы провести подробный расчет с использованием приведенных формул.

Таблица 1. Результаты эксперимента

$C,$ кмоль·м ⁻³	n	$\sigma,$ Н·м ⁻¹	z. Н·м ⁻¹	$\Gamma,$ кмоль·м ⁻²	$\frac{C}{\Gamma},$ м ⁻¹
0					
0,01					
0,02					
0,04					
0,08					
0,16					

4. Рассчитать поверхностное натяжение σ_x по формуле (10), используя величину поверхностного натяжения воды при заданной температуре σ_0 из приложения 1.

5. Построить график зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ $\sigma = f(C)$.

6. По графику изотермы поверхностного натяжения определить величину z для каждой концентрации (см. рис.1).

7. Вычислить адсорбцию Γ по уравнению (3) и построить изотерму адсорбции Гиббса $\Gamma = f(C)$.

8. Вычислить величину $\frac{C}{\Gamma}$ и построить изотерму адсорбции Ленгмюра (см.рис.2).

9. По изотерме Ленгмюра и уравнению (8) определить предельную адсорбцию Γ_∞ .

10. Определить константу адсорбционного равновесия b , используя график изотермы Ленгмюра и уравнение (9).

11. Записать уравнение Ленгмюра с вычисленными по экспериментальным результатам константами.

12. Вычислить параметры адсорбционного слоя S_∞ и l , используя уравнения (5) и (6).

Задачи для самостоятельного решения

1. Поверхностное натяжение воды равно $73,05 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$. Поверхностное натяжение раствора серной кислоты концентрацией 20% масс. и плотностью $1143 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ равно $75,20 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$. Рассчитайте адсорбцию серной кислоты при 15°C . Укажите, к ПАВ или ПИАВ следует отнести серную кислоту.

2. Вычислите длину молекулы масляной кислоты на поверхности раздела вода-воздух, если площадь, занимаемая одной молекулой в насыщенном поверхностном слое равна $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$, плотность масляной кислоты $978 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, а молярная масса $88 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

3. Рассчитайте адсорбцию по уравнению Гиббса для 0,1 М раствора пропионовой кислоты $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, если поверхностная активность G равна $0,85 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-1}$.

4. Рассчитайте адсорбцию по уравнению Ленгмюра при 292 К для 0,1 и 0,5 М раствора изоамилового спирта. $\Gamma_\infty = 8,7 \cdot 10^{-9} \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-2}$, $b = 42$. Укажите характер влияния концентрации раствора на величину адсорбции.

Приложение 1. Поверхностное натяжение воды в интервале температур 0-60°C.

$\sigma \cdot 10^3, \text{Н}\cdot\text{м}^{-1}$							
0	10	18	25	30	40	50	60
75,62	74,22	72,75	71,96	71,15	69,55	67,91	66,17

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

АДСОРБЦИЯ НА НЕПОДВИЖНОЙ ГРАНИЦЕ

*Электронные методические указания
к лабораторным работам*

Работа выполнена по мероприятию блока 1
«Совершенствование образовательной деятельности»
Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту
«Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров
нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»»
Соглашение № 1/14 от 03.06.2013 г.

Самара 2013

УДК 541.18(075)

ББК 24.5я7

А327

**Составители: Рощупкина Ирина Юрьевна,
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна**

Рецензент: Носова Е.А., к.т.н., доц. каф. ТМ и АМ

Адсорбция на неподвижной границе [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И. А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (215 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100.62 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900.62 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология наноэлектронных приборов».

Разработано на кафедре химии.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Цель работы: изучение основных закономерностей поведения веществ на границах раздела конденсированных фаз, описание адсорбции уравнением Фрейндлиха-Бедекера, определение констант в уравнении Фрейндлиха-Бедекера.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Адсорбция на неподвижной поверхности раздела (твердое тело - жидкость, твердое тело – газ, твердое тело – твердое тело) очень широко используется в различных сферах деятельности человека.

В технике она используется для поглощения вредных примесей, извлечения ценных веществ из отходов производства, разделения смесей, управления процессами смачивания.

С использованием твердых адсорбентов производится регенерация воздуха в замкнутых объемах подводных лодок и космических кораблей.

Адсорбция из жидкостей на твердых адсорбентах лежит в основе аналитических и препаративных методов жидкостной адсорбционной хроматографии. Методы адсорбционной хроматографии широко применяются для фракционирования amino- и нуклеиновых кислот, белков и других биополимеров.

В медицине существует целая область *адсорбционной терапии*, которая заключается во введении пациенту адсорбентов для удаления токсинов и вредных веществ.

Для определения оптимальных параметров сорбционного процесса и обоснования выбора сорбента проводят экспериментальное определение констант сорбционного процесса и термодинамических функций процесса сорбции.

Лэнгмюр и Гаркинс показали, что молекулы поверхностно-активных веществ (ПАВ) дифильны (т.е. содержат гидратирующуюся полярную группу - OH, CO-OH, NH₂, NO₂, SO₃H и неполярную негидратирующуюся - углеводородный радикал) за счет чего могут одновременно взаимодействовать с водой и углеводородными средами. Поверхностная активность таких молекул зависит от длины углеводородного радикала. По правилу Траубе-Дюкло в гомологическом ряду жирных ки-

слот или спиртов поверхностная активность соединений растёт, увеличиваясь в 3,2 раза на каждую группу - CH₂. Правило Траубе-Дюкло соблюдается только для водных растворов ПАВ.

Для неводных растворов этих же веществ наблюдается «обращение» правила. При достаточно большой концентрации ПАВ в растворе на поверхности раздела формируется насыщенный мономолекулярный слой, в котором молекулы находятся в строго ориентированном состоянии.

Адсорбция на пористых адсорбентах из разбавленных растворов хорошо описывается эмпирическим уравнением, предложенным Фрейндлихом и Бедкером:

$$A = \frac{x}{m} = K \cdot C^{1 \cdot n}, \quad (1)$$

где $A = \frac{x}{m}$ - масса адсорбированного вещества на единицу массы адсорбента, ммоль·г⁻¹;

C – равновесная концентрация, ммоль·л⁻¹;

K - константа, соответствующая массе адсорбированного вещества при равновесной концентрации, равной единице;

n - эмпирическая константа (0,1-0,5).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика выполнения работы

1. Приготовьте разбавлением исходного 0,4 Н раствора уксусной кислоты по 100 мл растворов следующих концентраций: 0,2; 0,1; 0,05 и 0,025 моль·л⁻¹.

2. В 4 сухие пронумерованные колбы с пробками отвесьте по 1 г активированного угля. Затем в каждую колбу влейте по 30 мл приготовленных растворов соответственно. Интенсивно взболтайте и оставьте на 30 мин, чтобы установилось адсорбционное равновесие. Каждые 5 минут растворы снова взбалтывайте.

3. Приготовьте 4 сухие пронумерованные колбы с воронками, в которые помещены складчатые фильтры (см. Приложение 1). Смочите фильтры водой и отфильтруйте растворы, отбрасывая первые порции фильтратов (3-5 мл).

4. Оттитруйте (см. Приложение 2) каждый раствор кислоты до адсорбции и фильтрат, полученный из него, после адсорбции, используя равные объемы проб (по 10 мл), с помощью 0,1 М раствора едкого натра в присутствии индикатора фенолфталеина.

5. Рассчитайте концентрацию кислоты в растворах (в моль·л⁻¹) по уравнению:

$$C_k = \frac{C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}}{V_k} \quad (2)$$

6. Определите удельную адсорбцию A (ммоль·г⁻¹) уксусной кислоты на угле для каждого раствора по уравнению:

$$A = \frac{x}{m} = \frac{(C_o - C_p) \cdot V \cdot 1000}{m}, \quad (3)$$

где: x – количество адсорбированной кислоты, ммоль;

m – масса угля, г;

C_o и C_p – соответственно исходная и равновесная (до и после адсорбции)

концентрации кислоты, в моль·л⁻¹;

V – объем раствора кислоты, взятый для адсорбции, л.

7. Результаты экспериментальных определений внесите в таблицу 1:

№ п/п	Результаты титрования растворов				Расчетные величины		
	До адсорбции		После адсорбции		$\lg C_p$	A , ммоль·г ⁻¹	$\lg A$
	$V_{\text{щ}}$, мл	C_o , моль·л ⁻¹	$V_{\text{щ}}$, мл	C_p , моль·л ⁻¹			
1							
2							
3							
4							

Обработка результатов эксперимента и содержание отчета

При оформлении отчета в протоколе лабораторной работы следует указать:

1. Цель работы и задачи исследования.
2. Краткое изложение методики эксперимента.
3. Заполнить таблицу 1 по указанному образцу. Для одной из строчек таблицы провести подробный расчет с использованием приведенных формул.
4. Преобразовать уравнение Фрейндлиха-Бедекера (1) в уравнение прямой и построить график в координатах $\lg A = f(\lg C_p)$.
5. Пользуясь линейной формой изотермы, определить константы в уравнении (1) и записать уравнение адсорбции уксусной кислоты на угле с полученными константами.
6. Рассчитать массу (в граммах) уксусной кислоты, которую можно извлечь 10 граммами угля из раствора концентрацией $150 \text{ моль} \cdot \text{м}^{-3}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. При адсорбции бензойной кислоты углем из раствора в бензоле при 25°C получены следующие данные:

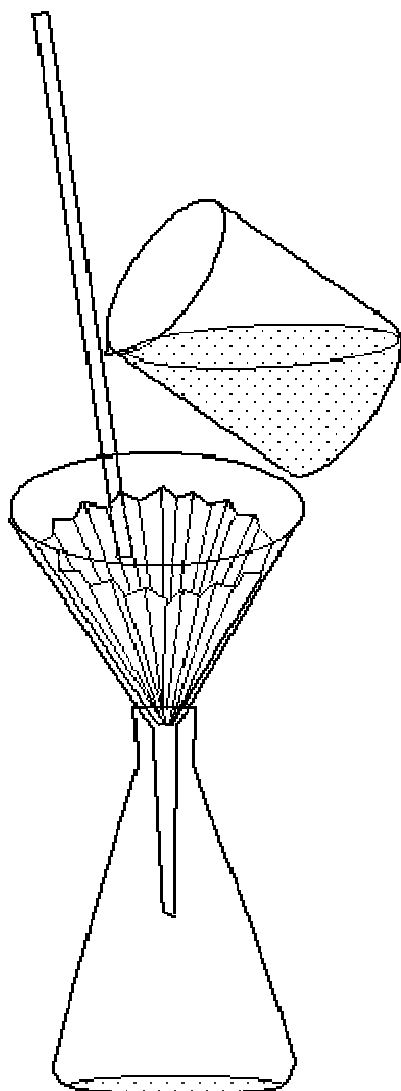
$C \cdot 10^{-3}$, моль·м ⁻³	0,006	0,025	0,053	0,118
x/m , моль·кг ⁻¹	0,44	0,78	1,04	1,44

Определите графическим способом константы уравнения Фрейндлиха. Запишите уравнение адсорбции и, пользуясь им, рассчитайте величину адсорбции (в моль·г⁻¹) при равновесной концентрации бензойной кислоты 0,04 моль·м⁻³.

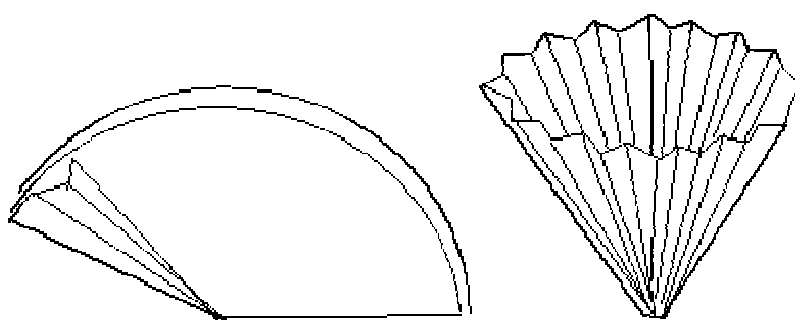
2. Поверхность 1 г древесного угля 1000 м³. Рассчитайте, сколько литров аммиака при стандартных условиях может адсорбироваться на поверхности 45 г угля, если поверхность покрыта полностью, а диаметр молекулы аммиака $3 \cdot 10^{-8}$ см.

3. При исследовании адсорбции азота на силикагеле было определено, что при давлении $1,04 \cdot 10^5$ Па и температуре 0°C, объем азота, необходимый для покрытия 1 г образца силикагеля мономолекулярным слоем, составляет 129 мл. Вычислите общую площадь образца силикагеля, если известно, что одна молекула азота занимает площадь 16,2 нм².

Фильтрация



Для ускорения фильтрации вместо обычного фильтра можно использовать **складчатый**. В этом случае работает вся поверхность фильтра и фильтрация идет быстрее. Изготовить складчатый фильтр несложно: обычный бумажный фильтр складывают пополам, затем мелкой «гармошкой», после чего аккуратно расправляют и вставляют в воронку:

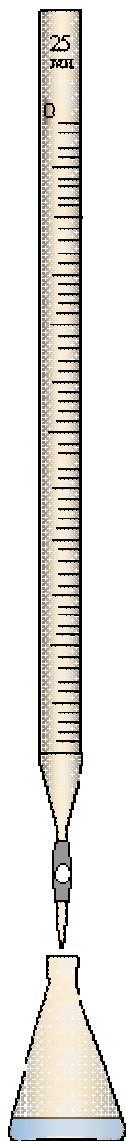


Не заглаживайте сильно центр фильтра, бумага там может легко порваться!

Основные правила фильтрации:

- Жидкость с осадком приливайте по палочке.
- Приливая первые порции жидкости, слегка придерживайте фильтр палочкой.
- Не упирайтесь палочкой в фильтр – влажная бумага легко рвется! Не пытайтесь ускорить фильтрацию, перемешивая осадок на фильтре.
- Фильтрация идет тем быстрее, чем больше жидкости на фильтре, но нельзя наливать до уровня бумаги (легко перелить)!
- Если фильтр все же прорвался, надо приготовить новый и отфильтровать заново, в чистую колбу.

Титрование.



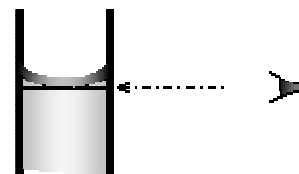
Титрование - проведение химической реакции с точным измерением объемов взаимодействующих растворов. Проба одного из растворов при помощи мерной пипетки отмеряется в колбу, другой раствор (титрант) постепенно добавляется из бюретки.

Бюретка - стеклянная трубка со шкалой, откалиброванная в единицах объема. Трубка снабжается краном или резиновой трубкой с вставленной в нее стеклянной бусинкой. Сдавливая трубку сбоку бусинки, можно с различной скоростью выливать из бюретки раствор. Рабочий объем бюретки различен (10-100 мл). Используются также микробюретки (1-5 мл), имеющие более сложную конструкцию.

После окончания реакции, что обычно определяют по изменению окраски индикатора, объем использованного титранта определяют по шкале бюретки.

Подготовка бюретки к работе:

- Бюретку тщательно моют, проверяют работу крана или резинового затвора, закрепляют вертикально в штативе. Подготовленную бюретку хранят в заполненном дистиллированной водой состоянии. При заполнении бюретки надо добиться, чтобы в ее оттянутом кончике не осталось пузырей воздуха.
- Непосредственно перед применением: дистиллированную воду слить из бюретки до крана или до резиновой трубки (не допуская появления воздушных пузырей);
- Трижды промыть бюретку титрантом, каждый раз наливая 3-5 мл и сливая до резиновой трубки.
- Залить титрант в бюретку выше нулевого деления. Титрант в бюретку наливают с помощью воронки. Поскольку в воронке могут остаться капли раствора, способные исказить результат титрования, воронку нужно убрать.
- Довести уровень титранта до нулевого деления бюретки (по нижнему краю мениска, глаз на уровне мениска)



Титрование:

- Отмерить в колбу титруемый раствор и добавить индикатор. Иногда в колбу добавляют вспомогательные растворы или дистиллированную воду.

- Постоянно перемешивая содержимое колбы, прибавлять титрант сначала быстро, затем по каплям, до нужного изменения окраски. Желательно чтобы это изменение произошло от одной последней капли.

- Измерить объем израсходованного титранта по шкале бюретки и записать его.

- Первое титрование - пробное, затем титруют еще несколько раз до получения сходящихся результатов.

После титрования:

- Слить остатки титранта в слив, трижды промыть бюретку небольшими порциями дистиллированной воды, залить бюретку дистиллированной водой.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

Хроматография. Ионообменная адсорбция

*Электронные методические указания
к лабораторным работам*

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка учебно-методических материалов для дисциплин 1-4 семестров нового направления подготовки бакалавров 152200 «Наноинженерия»

Соглашение № 1/14 от 03.06. 2013 г.

Самара 2013

УДК 541.18(075)
ББК 24.5я7
Х941

Составители: **Рощупкина Ирина Юрьевна,**
Платонов Игорь Артемьевич,
Тупикова Елена Николаевна,
Новикова Екатерина Анатольевна

Рецензент: Носова Е.А., к.т.н., доц. каф. ТМ и АМ

Хроматография. Ионообменная адсорбция [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. И. Ю. Рощупкина, И. А. Платонов, Е. Н. Тупикова, Е. А. Новикова. - Электрон. текстовые и граф. дан. (524 КБ). - Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания являются руководством к лабораторной работе по дисциплине «Физикохимия поверхности и дисперсных систем»; включают краткий теоретический курс и описание методики эксперимента по указанной теме, а также задания для самостоятельной работы.

Предназначены для студентов 4 факультета направления подготовки бакалавров 152200.62 «Наноинженерия», изучающих дисциплину «Физикохимия поверхности и дисперсных систем» в 4 семестре, могут быть использованы студентами 5 факультета направления подготовки бакалавров 200100.62 «Биотехнические системы и технологии» и направления подготовки магистров 010900.62 «Прикладные физика и математика» магистерской программы «Физика и технология нанoeлектронных приборов».

Разработано на кафедре химии.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

Цель работы: изучение физико-химических принципов хроматографического распределения смесей веществ, проведение качественного и количественного анализа смесей по результатам хроматографического исследования, овладение аналитическими и графическими методами определения количественных показателей хроматографического анализа.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Хроматография – физико-химический метод разделения сложных смесей, при котором компоненты распределяются по разному между двумя фазами. Одна фаза неподвижная с большой поверхностью контакта, другая подвижная в виде потока, фильтрующегося через неподвижный слой. Неподвижная фаза оформляется в виде колонки или тонкого слоя. Через них прорекает подвижная фаза. Разделяемые вещества в начале растворены в подвижной фазе. Они интенсивно взаимодействуют с неподвижной фазой, ассоциируясь с ней, а поэтому только медленно перемещаются в направлении фронта растворителя. Вещества, слабо взаимодействующие с неподвижной фазой, вымываются быстрее. Разделяются вещества в соответствии с их различной скоростью продвижения в колонке или тонком слое.

По природе взаимодействия разделяемых веществ с твердой фазой различают **адсорбционную, распределительную и ионообменную** хроматографию.

Адсорбционная хроматография основана на молекулярной адсорбции и подчиняется уравнению Лэнгмюра.

Ионообменная хроматография определяется процессом ионного обмена.

В основе **распределительной** хроматографии лежит различие в коэффициентах распределения разделяемых веществ между двумя жидкими фазами.

По методике проведения различают **колоночную, хроматографию на бумаге и тонкослойную**.

Колончатая хроматография — осуществляется пропуском исследуемого раствора, содержащего несколько растворенных веществ, через стеклянную трубку (колонку — рис. 1), заполненную порошкообразным поглотителем (сорбентом). Вследствие неодинаковой поглощаемости (сорбируемости) различных веществ происходит их разделение. Чем лучше поглощается вещество, тем в более высоких частях колонки оно задерживается. Определение природы вещества производят или по собственной характерной окраске вещества, или пропуском через колонку (после разделения смеси) раствора реагента - проявителя, образующего с анализируемыми веществами специфически окрашенные соединения. Полученный таким образом слой сорбента с различно окрашенными зонами называют хроматограммой. Вещества, сорбированные на колонке, могут быть последовательно вытеснены (вымывы) и собраны по фракциям.

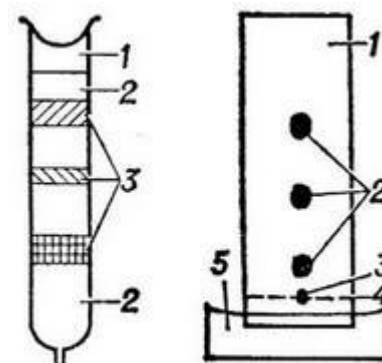


Рис. 1. Колончатая хроматография: 1 — исследуемый раствор; 2 — слой сорбента; 3 — зоны, образуемые веществами, входящими в состав анализируемой смеси.
Рис. 2. Хроматография на бумаге: 1 — бумажная полоска; 2 — окрашенные пятна, соответствующие разным веществам, входившим в состав анализируемого раствора; 3 — капля анализируемого раствора; 4 — линия старта; 5 — **растворитель**.

Бумажная хроматография — проводится на полосках специальных сортов бумаги. Капля исследуемого раствора наносится на некотором расстоянии от края бумажной полоски (рис. 2). Край полоски помещают в соответствующий растворитель, который перемещается по капиллярам бумаги вдоль полоски. При этом происходит разделение веществ: чем хуже поглощается вещество, тем дальше будет находиться оно от линии старта. По окончании разделения полоску высушивают и опрыскивают раствором реагента, образующего с определяемыми веществами характерно окрашенные соединения.

Хроматография в тонком слое сорбента аналогична хроматографии на бумаге. Различие состоит в том, что в этом случае на стеклянную пластинку наносят тонкий слой порошкообразного сорбента (например, окись алюминия, силикагель, каолин, ионообменная смола). Техника разделения анализируемой смеси на отдельные вещества и методы качественного их определения в основном те же, что и при хроматографии на бумаге.

В последние годы в клиническую и лабораторную практику все шире стали

проникать так называемые автоматические анализаторы — приборы, позволяющие произвести хроматографический анализ с помощью автоматических устройств с одновременной записью полученных результатов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Опыт 1. Ионообменная адсорбция. Сравнение обменных свойств катионитов и анионитов.

1. Бюретку с краном на 50 мл закрепляют в штативе, в узкую часть бюретки помещают тампон ваты, а затем заполняют суспензией катионита. Слегка постукивая по бюретке, добиваются того, чтобы слой катионита в ней уплотнился и образовал колонку высотой 20 см. После этого открывают кран и сливают лишнюю воду с таким расчетом, чтобы мениск воды был на уровне самого верхнего деления колонки. Таким же образом подготавливают и анионитную колонку.
2. Под обе бюретки подставляют чистые стаканы. В каждую из бюреток наливают по 10 мл 5% - ного раствора хлорида натрия, открывают краны и медленно, по каплям пропускают жидкость через смолу в стаканы. Когда мениск жидкости в бюретках опустится до слоя ионитов, краны закрывают.
3. Затем промывают смолы, приливая в каждую бюретку по 10 мл воды.
4. Из стаканов отбирают пробы того и другого фильтратов и испытывают их на присутствие соответствующих ионов с помощью индикаторов фенолфталеина и метилоранжа.
5. Сделайте вывод о реакции среды и напишите в протоколе работы соответствующие схемы ионного обмена.

Опыт 2. Хроматографический анализ на колонке.

1. Через две хроматографические колонки, заполненные оксидом алюминия и закрепленные в штативах над стаканами для сбора фильтрата, сначала пропускают несколько мл дистиллированной воды через помещенный на адсорбенте маленький ватный тампон. После этого тампон убирают, а адсорбент уплотняют.
2. Через готовые к работе колонки пропускают смесь солей: через одну – смесь равных объемов (по 1 мл) 1%-ных водных растворов FeCl_3 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, через другую – смесь равных объемов 0,01 Н водных растворов K_2CrO_4 и KMnO_4 . Отметьте появление адсорбционных зон (хроматограмма). Для более полного «проявления» окрашенных слоев снова пропустите через адсорбент 2-3 мл дистиллированной воды.
3. В протоколе проделанной работы дайте цветное изображение порядка расположения хроматографических зон, учитывая следующую окраску водных растворов солей: раствор FeCl_3 – желтого цвета, раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ – синего цвета, раствор $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ – красного цвета, раствор K_2CrO_4 – оранжевого цвета и раствор KMnO_4 – фиолетового цвета.
4. Сделайте вывод о наблюдаемой адсорбируемости катионов и анионов. Укажите причины различия адсорбционной способности.

Опыт 3. Разделение компонентов красителей бумажной хроматографией.

1. На листе хроматографической бумаги (ХБ) обозначьте графитовым карандашом линию старта на расстоянии 2 см от нижнего края.
2. На линию старта нанесите с помощью микропипеток капли исследуемой смеси и «свидетелей» - чистых веществ (метиленового синего и нейтрального красного). Подсушите ХБ на воздухе.
3. В хроматографическую камеру налейте приготовленную заранее смесь *n*-бутанола, этанола и 2 Р раствора аммиака в соотношении 3:1:1 (по объему), чтобы высота жидкого слоя составила 2-3 см.

4. ХБ с нанесенными для анализа каплями погрузите в камеру сос смесью растворителей так, чтобы уровень растворителя был на 1 см ниже стартовой линии. Камеру накройте крышкой и закончите разделение, когда фронт растворителя поднимется на 10-12 см выше стартовой линии.
5. На полученной хроматограмме отметьте графитовым карандашом положение фронта (линия финиша) растворителя и высушите ХБ под тягой (рис.3).

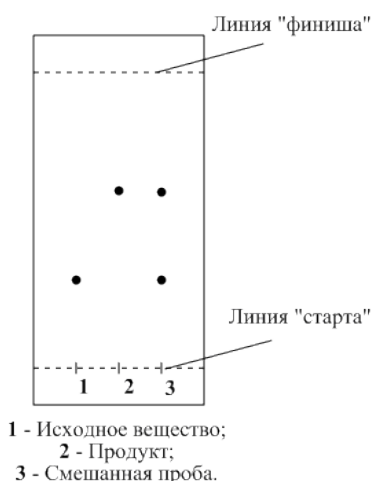


Рис.3. Внешний вид хроматограммы.

6. Рассчитайте значения коэффициентов R_f компонентов смеси:

$$R_f = \frac{X}{X_f},$$

где R_f – коэффициент, характеризующий подвижность (фактор удерживания); X - расстояние, пройденное компонентом смеси (от стартовой смеси до центра пятна); X_f – расстояние, пройденное растворителем от линии старта.

7. Сделайте вывод о количественном (по числу пятен и их относительному размеру) и качественном (по значениям R_f компонентов смеси и внешних свидетелей) составе исследуемой смеси красителей. Зарисуйте хроматографическую камеру для проведения восходящей хроматографии на бумаге.

Опыт 4. Радиальная хроматография на бумаге.

1. Надрежьте диск фильтровальной бумаги от края к центру так, чтобы получилась узкая полоска – фитиль и отогните его.

2. На место сгиба фитиля пипеткой нанесите каплю 2%-ных водных растворов FeCl_3 и CuSO_4 .
3. Затем в одну из половинок чашки Петри налейте на $\frac{1}{3}$ дистиллированной воды, поместите на края чашки диск так, чтобы фитиль был погружен в воду, и накройте другой половинкой чашки.
4. Через 10-15 минут, когда вода смочит почти весь бумажный диск, осторожно снимите его с чашки, подсушите на воздухе, а затем пропитайте диск 1%-ным раствором $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. При этом на бумаге выявится 2 окрашенных кольца: внутреннее – голубое, внешнее – красно-коричневое.
5. Зарисуйте в цвете хроматограмму, опишите химизм произошедших реакций, сделайте вывод о различной адсорбционной способности ионов и укажите причину.

Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислите адсорбцию масляной кислоты на поверхности раздела водный раствор-воздух при 283 К и концентрации $0,104 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$, используя следующие экспериментальные данные:

$C, \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$	0,00	0,021	0,050	0,104	0,246	0,489
$\sigma \cdot 10^3, \text{ Н/м}$	74,01	69,51	64,30	59,85	51,09	44,00

2. Используя уравнение Ленгмюра, вычислите величину адсорбции азота на цеолите при давлении $p = 2,8 \cdot 10^2 \text{ Па}$, если $\Gamma_\infty = 38,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, а $b = 0,156 \cdot 10^{-2}$.

3. Раствор пальмитиновой кислоты $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ в бензоле содержит $4,24 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ кислоты. После нанесения раствора на поверхность воды бензол испаряется и пальмитиновая кислота образует мономолекулярную пленку. Какой объем раствора кислоты требуется, чтобы покрыть мономолекулярным слоем поверхность $S = 500 \text{ см}^2$. Площадь молекулы пальмитиновой кислоты в монослое $S_{\text{мол}} = 21 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.

4. Определить графически константу в уравнении Никольского по данным реакций обмена ионов Ca^{2+} из почвы на ионы Na^+ из раствора его соли:

Концентрация ионов в растворе, $C \cdot 10^3$, кмоль·м⁻³ :

Na^+ 3,26 6,60 13,80 21,25 38,41 65,19

Ca^{2+} 37,84 36,72 34,62 31,87 26,16 17,10

Количество сорбированных ионов, $X \cdot 10^5$, кмоль·кг⁻¹ :

Na^+ 0,28 0,60 1,20 1,89 3,18 7,62

Ca^{2+} 39,72 39,56 39,40 38,93 38,68 37,40.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 1

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Поверхностное натяжение и свободная поверхностная энергия. Адсорбция на границе раздела фаз. Уравнение Гиббса.
2. Рассчитайте осмотическое давление раствора декстрана (препарата на основе полимера глюкозы) концентрации $8 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ при стандартных условиях, если значение второго вириального коэффициента $1,265 \text{ Па}\cdot\text{м}^6\cdot\text{кг}^{-2}$, а молекулярная масса полимера $24000 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.
3. Даны пороги коагуляции (в ммоль/л): $\text{KCl} - 90$; $\text{MgCl}_2 - 0,717$; $\text{AlCl}_3 - 0,093$. Определить знак заряда золя иодида серебра, который был коагулирован этими электролитами. Написать формулу мицеллы данного золя.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 2

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Электрические свойства дисперсных систем: электроосмос. Применение.
2. Вычислите радиус молекулы и молекулярную массу мальтозы в водном растворе, если коэффициент диффузии при 20°C равен $0,4 \text{ см}^2\cdot\text{сутки}$, а плотность мальтозы $1,5 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.
3. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 3 мл $0,8 \text{ M}$ хлорида кальция и 4 мл 15%-ного раствора сульфата калия. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 3

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Теория мономолекулярной адсорбции. Уравнение Ленгмюра. Определение параметров ПАВ.
2. Частицы золя ртути в воде имеют диаметр $22 \cdot 10^{-7}$ см. 1 л золя содержит 0,08 г ртути. Сколько частиц находится в 1 мл золя? Какова их общая поверхность? Плотность ртути $13,6 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.
3. Частицы золя сульфата бария, полученного смешением равных объемов растворов хлорида бария и серной кислоты, перемещаются в электрическом поле к катоду. Одинаковы ли исходные концентрации растворов? Напишите формулу мицеллы

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 4

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Эмульсии: классификация, агрегативная устойчивость, эмульгаторы, правило Банкрофта. Применение.
2. Вычислите площадь $S_{\text{мол}}$, приходящуюся на молекулу стеариновой кислоты и толщину пленки δ , покрывающей поверхность воды, если известно, что $0,1 \cdot 10^{-6}$ кг стеариновой кислоты покрывает поверхность воды, равную $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Молекулярная масса стеариновой кислоты равна 284, плотность $0,85 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.
3. Аэросил (аморфный непористый оксид кремния (IV) с размером частиц 4 – 40 мкм с гидрофильной поверхностью) применяют в качестве разрыхляющего средства для таблеток из гидрофобных веществ. Определите пригодность фракции такого порошка, если по результатам седиментационного анализа концентрация частиц в водном растворе убывает в 2 раза на высоте 8 мм при температуре 27°C . Плотность частиц $2100 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 5

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

- 1.Адсорбция электролитов. Правила Панета –Фаянса.
- 2.Граница между гидрозолем золота и дисперсионной средой в центробежном поле центрифуги через 1 час после начала опыта находилась на расстоянии 3,7 см от оси вращения, а через 1,5 часа – на расстоянии 3,78 см. Определите размер сферических частиц гидрозоля, если скорость вращения ротора 8700 оборотов в минуту, плотность золота $19,3 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$, вязкость воды $1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.
3. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 5 мл 1 М раствора хлорида магния и 2 мл 10%-ного раствора едкого кали. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 6

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

- 1.Коагуляция дисперсных систем. Порог коагуляции. Правило Шульце – Гарди.
- 2.Найдите, с какой скоростью будут оседать частицы тумана, если радиус капель 1 мк , вязкость воздуха $1,8\cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$, плотность воздуха $1,2 \text{ г}\cdot\text{л}^{-1}$.
3. Какова структура мицеллы золь оксида ванадия (V), стабилизированного ванадиевой кислотой? К какому электроду передвигаются частицы в электрическом поле? Как расположатся пороги коагуляции в ряду электролитов : KCl , K_2SO_4 , BaCl_2 , AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 7

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1.Смачивание. Критерии гидрофильности. Уравнение Юнга. Инверсия смачивания.

2. Для повышения суспензионной устойчивости суспензионных и эмульсионных препаратов часто применяют растворы глицерина или сахарный сироп. Рассчитайте вязкость дисперсионной среды суспензии, если сферические частицы с диаметром 0,6 мк и плотностью $2,6 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ оседают в цилиндре высотой 15 см в течение 1,5 часов. Плотность среды $1,25 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.

3. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 3 мл 0,3 М раствора хлорида алюминия и 2 мл 10%-ного раствора едкого натра. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 8

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1.Классификация дисперсных систем. Примеры.

2. Для коагуляции 50 мл золя гидроксида железа (III) необходимо добавить 5,3 мл 1.Н раствора хлорида натрия или 31,5мл 0,01 Н раствора сульфата натрия или 18,7 мл 0,001 Н раствора фосфата натрия. Определите знак заряда золя. Ответ подтвердите расчетом. Напишите формулу мицеллы.

3. Время оседания частиц в воде на 1 см равно 16 час. Найдите размер частиц, если форма их сферическая, а плотность равна $11 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 9

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Определение молекулярной массы полимеров. Уравнение Галлера.

2. Как расположатся пороги коагуляции в ряду электролитов: Na_3PO_4 , AlCl_3 , MgSO_4 для золя берлинской лазури, стабилизированного FeCl_3 ? Напишите формулу мицеллы этого золя.

3. Коллоидный раствор сернистого мышьяка содержит 7,2 г твердого вещества в 1 л золя. Средний диаметр частиц 0,02 мк. Плотность частиц $2,8 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Вычислите осмотического давление золя при 0°C .

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 10

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 4 Факультет 4 Специальность 152200

1. Методы получения дисперсных систем. Пептизация.

2. Каким из приведенных электролитов – хлоридом аммония или сульфатом аммония – экономичнее коагулировать золь гидроксида алюминия, стабилизированного хлоридом алюминия? Напишите формулу мицеллы. Рассчитайте порог коагуляции по хлориду аммония, если на коагуляцию частиц из 30 м^3 этого золя расходуется $0,33 \text{ м}^3$ 20 %-ного раствора хлорида аммония плотностью $1060 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

3. Пробирка высотой 0,1 м заполнена суспензией кварца (плотность $2,65 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$) в воде. Время полного оседания частиц 2 часа. Каков размер частиц, если форма их сферическая.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 11

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Поверхностно-активные вещества, строение свойства. Современные синтетические ПАВ.

2. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 10 мл 1 Н раствора нитрата серебра и 30 мл 15%-ного раствора иодида калия. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.

3. Гидрозоль мастики с диаметром частиц $2 \cdot 10^{-5}$ см при 20°C имеет вязкость среды 1 мПа·с. Рассчитайте коэффициент диффузии.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 12

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Адсорбция на неподвижных границах. Уравнение Фрейндлиха-Бедкера.

2. Вычислите радиусы монодисперсных фракционированных частиц соединений ртути, оседающих в воде под действием силы тяжести, если при плотности частиц $\rho_r = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, температуре воды $t = 15^\circ\text{C}$, плотности $\rho_0 = 0,99913 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и вязкости $\eta_0 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ частицы осели на 1 см в первом опыте за 5,86 с, во втором - за 9,8 мин, а в третьем - за 16 ч.

3. Напишите формулу мицеллы золя серебра, стабилизированного KAgO . Какой электролит будет иметь наименьший порог коагуляции: Na_2SO_4 , BaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 13

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Адсорбция электролитов. Избирательность и эквивалентность. Ионообменная адсорбция. Уравнение Никольского.
2. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 10 мл 1,5 Н раствора фосфата натрия и 15 мл 12%-ного раствора хлорида кальция. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.
3. Вычислите и сравните величину осмотического давления двух монодисперсных гидрозолей золота одинаковой концентрации по массе, но различной дисперсности, если радиусы частиц в них равны $r_1 = 25 \text{ нм}$ и $r_2 = 50 \text{ нм}$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 14

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Механизм образования заряда коллоидной частицы. ДЭС. Правило Кена.
2. С помощью нефелометра сравнивались мутности двух гидрозолей мастики равных концентраций. Получены следующие экспериментальные данные: мутности определяемого и стандартного золь стали одинаковыми при высоте освещенной части первого золя $h_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и высоте второго золя $h_2 = 19,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Средний радиус частиц стандартного золя $r = 120 \cdot 10^{-9} \text{ м}$. Определите радиус частиц второго золя.
3. Пороги коагуляции электролитов для золя бромида серебра, полученного смешением растворов бромида калия и нитрата серебра, составляют: $\text{KNO}_3 - 260$, $\text{Ba(NO}_3)_2 - 6$, $\text{AlPO}_4 - 0,06$, $\text{BaSO}_4 - 6,1$, $\text{Al(NO}_3)_3 - 0,067$. Определите знак заряда золя и напишите формулу мицеллы.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 15

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Устойчивость дисперсных систем. Факторы устойчивости. Коллоидная защита.

2. Вычислите электрокинетический потенциал частиц золя по следующим данным, полученным в опытах по электрофорезу :

Название вещества дисперсной фазы и среды	Скорость перемещения частиц u , м·с ⁻¹	Градиент поля H , В·м ⁻¹	ε	η , Па·с
Золото - вода	$-2,2 \cdot 10^{-6}$	100	81	0,001

Знак скорости означает направление движения частиц: (-) - к аноду, (+) - к катоду. Форму частиц считать сферической.

3. Напишите формулу мицеллы, если золь получен при смешении 7 мл 0,01 М раствора нитрата золота (I) и 10 мл 2 %-ного раствора хлорида лития. Ответ подтвердите расчетом. Плотность растворов считать равной плотности воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 16

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Молекулярные свойства дисперсных систем: броуновское движение (уравнение Эйнштейна-Смолуховского), диффузия (закон Фика).

2. Какой объем раствора $Al_2(SO_4)_3$ концентрации 0,01 кмоль·м⁻³ требуется для коагуляции 10^{-3} м³ золя $Al(OH)_3$? Порог коагуляции $\gamma = 96 \cdot 10^{-6}$ кмоль·м⁻³.

3. С какой скоростью осаждаются частицы аэрозоля хлорида аммония (плотность $\rho = 1,5 \cdot 10^3$ кг·м⁻³), имеющие радиус $4,5 \cdot 10^{-7}$ м. Вязкость воздуха можно принять равной $1,76 \cdot 10^{-5}$ Па·с, а плотностью воздуха пренебречь.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 17

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем: вязкость (уравнение Ньютона), осмотическое давление.
2. Определите порог коагуляции золя Al_2O_3 , если коагуляция происходит при добавлении 50 мл электролита K_2CrO_4 концентрации $0,01 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ к 10^{-3} м^3 золя.
3. Определите константы уравнения Фрейндлиха при адсорбции СО коксовым углем. Условия опыта:

$p \cdot 10^{-3}, \text{ Па}$	1,34	2,50	4,25	5,71	7,18	8,90
$x/m, \text{ ммоль} \cdot \text{кг}^{-1}$	0,38	0,58	1,016	1,17	1,33	1,46

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 18

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Седиментация дисперсных систем. Закон Стокса и барометрическое уравнение.
2. Напишите схему получения золя берлинской лазури пептизацией раствором щавелевой кислоты. К какому электроду будут двигаться частицы в электрическом поле?
3. Рассчитайте средний радиус частиц гидрозоля латекса полистирола, пользуясь данными, полученными с помощью нефелометра: высота освещенной части стандартного золя $h_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, средний радиус частиц $r = 88 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, высота освещенной части неизвестного золя $h_2 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Концентрации стандартного и неизвестного золя одинаковы.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 19

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Электрические свойства дисперсных систем: электрофорез. Применение.
2. К свежеполученному осадку гидроксида цинка добавлен гидроксид натрия в количестве, недостаточном для полного растворения. Напишите формулу мицеллы. Ответ поясните.
3. Вычислите молекулярную массу вискозы, если коэффициент диффузии её при $t = 18^\circ\text{C}$, $D = 0,0695 \text{ см}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$, плотность $\rho = 2,39 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, вязкость раствора $\eta = 0,00115 \text{ Па} \cdot \text{с}$?

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
_____ 2013 года.

Зав.кафедрой Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 20

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Оптические свойства дисперсных систем. Конус Тиндаля. Электронная и ультрамикроскопия.
2. Рассчитайте молекулярную массу поливинилацетата в ацетоне, пользуясь данными вискозиметрического метода (константы: $K = 4,2 \cdot 10^{-5}$, $\alpha = 0,68$):

Концентрация раствора C , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	1,0	3,0	5,0	7,0
Удельная вязкость $\eta_{\text{уд}}$	0,14	0,465	0,84	1,3.

3. Вычислить скорость и направление электрофореза коллоидных частиц шарообразной формы гидрозоля берлинской лазури, если дзета-потенциал их $\xi = -0,058 \text{ В}$ при градиенте внешнего поля $H = 500 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$; относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 81$, вязкость $\eta = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, абсолютная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
_____ 2013 года.

Зав.кафедрой Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 21

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Суспензии и аэрозоли: особенности молекулярно-кинетических свойств, стабилизация, методы исследования.

2. Раствор 1 г белка гемоглобина в 1 л воды имеет осмотическое давление $3,6 \cdot 10^{-4}$ атм при 25°C . Определите молекулярную массу и массу частицы гемоглобина. При расчете принять, что все осмотическое давление обусловлено только частицами белка.

3. Как изменится порог коагуляции, если для коагуляции $10 \cdot 10^{-5}$ золя AgI вместо $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ KNO}_3$ концентрации $1 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ взять $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Ca(NO}_3)_2$ концентрации $0,1 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ или $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Al(NO}_3)_3$ концентрации $0,01 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$? Полученные величины порога коагуляции сопоставить с зависимостью от величины порога коагуляции сопоставить с зависимостью от величины заряда ионов, установленной Дерягиным -Ландау.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 22

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Структурообразование и реология дисперсных систем.

2. Для коагуляции $10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ золя AgI требуется $0,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ раствора $\text{Ba(NO}_3)_2$. Концентрация электролита равна $0,05 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$. Рассчитайте порог коагуляции золя. Напишите формулу мицеллы.

3. Вычислите средний квадратичный сдвиг коллоидных частиц с радиусом r при броуновском движении и температуре T за время t при вязкости среды η . Данные для расчета приведены в таблице:

Коллоидная система	Радиус частиц, см	T, K	t, с	η , Па·с
Аэрозоль NH_4Cl	$1 \cdot 10^{-6}$	273	5	$1,7 \cdot 10^{-5}$

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____ 2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 23

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Определение молекулярной массы полимеров. Вискозиметрия.
2. Найдите, с какой скоростью будут оседать частицы тумана, если радиус капель 1 мк, вязкость воздуха $1,8 \cdot 10^{-4}$ Па·с, плотность воздуха $1,2 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$.
3. Для коагуляции 50 мл золя гидроксида железа (III) необходимо добавить 5,3 мл 1.Н раствора хлорида натрия или 31,5мл 0,01 Н раствора сульфата натрия или 18,7 мл 0,001 Н раствора фосфата натрия. Определите знак заряда золя. Ответ подтвердите расчетом. Напишите формулу мицеллы.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АКАДЕМИКА

С.П.КОРОЛЕВА

Экзаменационный билет № 24

По дисциплине **Физико-химия поверхности и дисперсных систем**

Семестр 5 Факультет 4 Специальность 152200

1. Кинетика коагуляции. Медленная и быстрая коагуляция.
2. Напишите мицеллу золя гидроксида алюминия, полученного при неполном гидролизе хлорида алюминия. К какому электроду будут двигаться частицы золя в электрическом поле?
3. Рассчитайте молекулярную массу полистирола по величине характеристической вязкости $[\eta] = 0,105$. Растворитель-толуол; константы уравнения Марка-Хаувинка: $K = 1,7 \cdot 10^{-5}$; $\alpha = 0,69$.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

_____2013 года.

Зав.кафедрой

Платонов И.А.