

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Институт биохимической технологии и нанотехнологии (ИБХТН)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

«Химические методы получения и свойства наносистем»

Рекомендуется для направления подготовки

04.04.01 «Химия»

Магистерская программа

«Биохимические технологии и нанотехнологии»

Квалификация (степень) выпускника МАГИСТР

Москва, 2021

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью изучения дисциплины «Химические методы получения и свойства наносистем» является освоение студентами основных положений современной науки о дисперсных системах и поверхностных явлениях, влияющих на их устойчивость и свойства, которые входят в базовые разделы современной коллоидной химии. Студенты знакомятся с фундаментальными закономерностями физико-химии дисперсного состояния вещества, раскрывающих физический смысл явлений в наносистемах как объектах нанохимии, нанобиологии и нанотехнологий. Обсуждаемые вопросы получения, стабилизации и выявления особых характеристик нанообъектов имеют непосредственное отношение к практической сфере их применения – медицине, фармации, биологии, электроники.

Задача курса «Химические методы получения и свойства наносистем» состоит:

- в изучении теоретических основ методов получения и анализа свойств наноразмерных систем и нанообъектов на основе общих принципов физической и коллоидной химии;
- в формировании знаний основ термодинамики, кинетики образования и механизмов стабилизации нанообъектов;
- в стимулировании творческой самостоятельной работы студента, направленной на углубленное изучение курса и понимание актуальных задач нанохимии и нанотехнологии;
- в приобретении студентами некоторых практических навыков синтеза и способов тестирования нанообъектов, в том числе с привлечением современного оборудования.
- в формировании умения пользоваться справочной литературой, анализировать полученные результаты и применять полученные знания для решения практических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП: Согласно ОС ВО и ОПОП дисциплина «Химические методы получения и свойства наносистем» относится к профессиональному циклу и является дисциплиной по выбору вариативной части профиля «Биохимические технологии и нанотехнологии».

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
1	ПК-2-т. Способен осуществлять документальное сопровождение прикладных НИР и НИОКР	Биохимические технологии получения БАС	Актуальные задачи современной химии; Охрана объектов интеллектуальной собственности

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПК-2-г. Способен осуществлять документальное сопроводение прикладных НИР и НИОКР	ПК-2-г-1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции ПК-2-г-2. Планирует и осуществляет научную составляющую работ по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные понятия, классификации, методы и процедуры получения и исследования свойств наносистем, а также способы их применения для решения задач нанотехнологии.
- основы теории физико-химических методов анализа, применяемых для исследования.
- принципы работы основных современных приборов в физико-химических методах исследования характеристик и свойств нанообъектов.

Уметь:

- самостоятельно решать задачи синтеза и стабилизации наночастиц и нанокластеров, используя оптимальные пути и методы экспериментального и теоретического характера;
- обсуждать полученные результаты с применением литературных данных, вести научную дискуссию по вопросам нанохимии;
- применять приобретенные концептуальные и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач в своей области, критически оценивать результаты физико-химических и химико-аналитических методов исследования;
- использовать современные способы поиска и анализа информации в области исследования свойств нанообъектов, в т.ч. функциональных наноматериалов для медицины и фармации.

Владеть:

- применением основных законов естественнонаучных дисциплин и базовых разделов химии при получении, стабилизации и изучении свойств нанообъектов;
- основами и выбора принципами выбора химических и физико-химических методов получения наносистем, обобщенной оценкой возможностей каждого метода;
- выполнением некоторых расчетов с использованием известных формул и уравнений, анализом их результатов и обсуждением полученных характеристик;
- современной литературой по актуальным задачам нанохимии и нанотехнологии;
- навыками работы на учебно-научной аппаратуре, используемой для получения оптических, проводящих и реологических характеристик лиозолей, мицеллярных систем и растворов ВМС.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	1 курс			
		Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	48				48
Лекции	16				16
Практические занятия (ПЗ)	16				16
Лабораторные работы (ЛР)	16				16
Самостоятельная работа (всего)	60				60
Итоговая аттестация	Экзамен				
Общая трудоемкость, час	108				108
зач. ед.	3				3

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Введение. Дисперсные системы. Поверхностные явления и их влияние на свойства дисперсий	Развитие знаний о дисперсном состоянии вещества. Основные определения. Особенности дисперсного (коллоидного) состояния, проблема стабильности. Классификации дисперсных систем по различным признакам. Обзор классов дисперсных систем. Поверхностная энергия на границах раздела фаз. Адсорбция, адгезия, смачивание. Поверхностно-активные (ПАВ) и поверхностно-инактивные вещества.
2.	Получение дисперсий «сверху/снизу». Методы коллоидной химии.	Условия и методы получения дисперсных систем. Химический синтез коллоидов. Роль стабилизатора. Пептизация. Строение мицеллы гидрофобного золя.
3.	Свойства дисперсий	Молекулярно-кинетические свойства: осмос, диффузия, броуновское движение частиц. Мембранные процессы (осмос, обратный осмос, диализ, электродиализ, ультрафильтрация) и их практическое значение. Оптические свойства – законы светорассеяния и поглощения света в коллоидных системах. Оптические свойств коллоидов. Влияние размера и формы частиц на оптические свойства дисперсий. Оптические методы исследования (нефелометрия, турбидиметрия). Оборудование НЦ – просвечивающая электронная микроскопия, поляризационная микроскопия, атомно-силовая микроскопия. Определение размера и электрофоретической подвижности наночастиц методами Dynamic Light Scattering и Laser Doppler Microelectrophoresis. Электрокинетические свойства. Возникновение двойного электрического слоя (ДЭС) на границе фаз. Потенциалы ДЭС. Определение электрокинетического потенциала. Электрофорез, электроосмос, потенциал течения, потенциал седиментации и их практическое значение. Изоэлектрическое состояние.
4.	Устойчивость и коагуляция	Факторы кинетической и агрегативной устойчивости

	коллоидов	дисперсий. Кинетическая устойчивость дисперсных систем. Методы анализа дисперсности. Взвеси. Коагуляция и её закономерности. Кинетика коагуляции. Теория устойчивости гидрофобных коллоидов ДЛФО. Тиксотропия. Гели гидрофобных зелей. Структурно-механический фактор стабилизации дисперсных систем (коллоидная защита). Флокуляция – дестабилизация дисперсий.
5.	Элементы физико-химии полимеров: растворы высокомолекулярных соединений (ВМС) как термодинамически равновесные коллоидные системы.	Общая характеристика ВМС. Конформация макромолекул. Набухание полимеров. Сравнение свойств растворов ВМС и гидрофобных зелей. Особенности диффузии, осмотического давления растворов ВМС. Вязкость растворов ВМС. Оптические свойства. Рассеяние света растворами ВМС. Методы определения молекулярного веса высокомолекулярных соединений (осмометрия, вискозиметрия, светорассеяние). Нарушение устойчивости растворов ВМС (гелеобразование, коацервация, высаливание, денатурация). Биополимеры. Растворы полиамфолитов (белков): изоэлектрическая точка белков. Мембранное равновесие Гиббса-Доннана. Пространственные структуры в дисперсных системах. Основы реологии как науки о прочности структурированных систем. Гели растворов ВМС, общие и специфические свойства. Значение гелей.
6.	Мицеллярные системы ПАВ (ассоциативные коллоиды)	Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования. Критическая концентрация мицеллообразования. Формы мицелл. Солюбилизация. Стабилизирующее и моющее действие мыл. Практическое значение мицеллярных систем.
7.	Заключение. Презентации. Контрольная работа (тест)	Инструментальные методы исследования нанообъектов на базе Наноцентра РУДН. Достижения в исследовании ультрадисперсного состояния вещества.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Введение. Дисперсные системы. Поверхностные явления и их влияние на свойства дисперсий	2	1		3	6
2.	Получение дисперсий	2	1	3	3	9
3.	Свойства дисперсий	3	1	3	3	10
4.	Устойчивость и коагуляция коллоидов	3	1	2	3	9
5.	Элементы физико-химии полимеров	3	2	4	3	12
6.	Мицеллярные системы ПАВ	3	2	4	3	12
7.	Презентации. Контрольная работа.		8		21	29

8.	Итоговая аттестация				27	27
	ВСЕГО	16	16	16	66	108

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	2	Получение гидрозолей и эмульсий: определение заряда коллоидной частицы, обращение фаз эмульсии.	3
2.	3	Определение концентрации и размера частиц золя методами нефелометрии и турбидиметрии.	3
3	4	Электролитная коагуляция. Кинетика коагуляции. Правило значности. Коллоидная защита. Флокуляция.	2
4	5	Определение критической концентрации мицеллообразования раствора олеата натрия.	4
5	6	Вязкость растворов ВМС. Определение молекулярной массы по характеристической вязкости.	4

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)
1.	1	Классификации дисперсных систем. Золи как наносистемы. Термодинамика поверхности.	1
2.	2	Условия получения золь и эмульсий. Роль стабилизатора. Мицелла гидрофобного золя. Эмульгаторы.	1
3	3	Мембранные процессы и их практическое значение. Оптические свойства коллоидов. Возникновение двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела фаз. Потенциалы ДЭС. Электрокинетические явления и их практическое значение. Изоэлектрическое состояние.	1
4	4	Кинетическая устойчивость дисперсных систем. Методы анализа дисперсности. Взвеси. Коагуляция и её закономерности. Тиксотропия. Гели гидрофобных золь. Структурно-механический фактор стабилизации дисперсных систем.	1
5	5	Общая характеристика ВМС. Конформация макромолекул. Сравнение свойств растворов ВМС и гидрофобных золь. Особенности диффузии, осмотического давления растворов ВМС. Определение изо-точки белка. Мембранное равновесие Гиббса-Доннана. Пространственные структуры в дисперсных системах (гели). Основы реологии как науки о прочности структурированных систем.	2

6	6	Мицеллообразование в растворах ПАВ. Термодинамика мицеллообразования. Формы мицелл. Солюбилизация. Практическое значение мицеллярных систем.	2
7	7	Контрольная работа. Презентации (в текущем режиме). Оборудование НЦ – просвечивающая электронная микроскопия, поляризационная микроскопия, атомно-силовая микроскопия.	8

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекции, семинары, лабораторные работы:

Москва, ул. Орджоникидзе, д.3, стр. 2. Учебная лаборатория физической химии. Учебная химическая лаборатория для проведения групповых занятий лабораторного, семинарского и лекционного типа, индивидуальных консультаций, текущего контроля, самостоятельной работы. ауд. 448.

Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: шкаф вытяжной, вакуумная адсорбционная установка, прибор для криоскопических измерений, кондуктометр CD`308; АНИОН 4100, термостат жидкостный ТЖ-ТС, рН-метр ExStik*EC500, интерферометр, прибор Ребиндера, поляриметр P3002RS, спектрофотометр ЭКРОС, сахариметр СУ-5, аквадистиллятор электрический ДЭ-25, весы электронные Ohaus AR 1530, кислородомер АНИОН 4100, измеритель карманный ОВП ST10R, мультиметр VC-11, рефрактометр ИРФ -454 Б2М, анализаторы жидкости ЭКСПЕРТ-001, имеется wi-fi.

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение • Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.

• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level
Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.

(Windows 7, Microsoft Office 2007, Microsoft Security Essentials)

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Материалы информационно-аналитического центра «Наноматериалы и нанотехнологии»

nano@isis.ru_www.nanometer.ru

Журнал «Российские нанотехнологии»,

информация сайта www.nano.ru

http://web-local.rudn.ru/web-local/prep/prep_2209/;

<http://www.chem.msu.su/rus/library/welcome.html>;

www.xumuk.ru;

<http://www.chemport.ru> Химическая энциклопедия;
<http://physchem.distant.ru/>;
<http://ru.wikipedia.org> Нанохимия он-лайн
<http://www.intellect-video.com/1491/Gordon-Nanokhimiya-online/>
Зарубежные журналы по нанохимии и нанотехнологиям.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Лабораторный практикум по дисциплине «Химические методы получения и свойства наносистем»: Учебно-методическое пособие/ И.И. Михаленко. – М.: РУДН, 2017.
http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=480151&idb=0

б) литература для самостоятельного изучения

1. Г.Б.Сергеев. Нанохимия. Изд.МГУ.2003.2005.-288 с./Рекомен. Минобр. РФ/
2. И.И.Михаленко. Практикум по коллоидной химии. М.РУДН 2014 г.153 с., 2013 г.125 с.
3. И.П.Суздальев. Физико-химия нанокластеров и наноструктур. М. 2006. -592с.
4. А.Д.Помогайло, А.С.Розенберг, И.Е.Уфлянд. Наночастицы металлов в полимерах. М.Химия. 2000. -672 с.
5. Нанотехнологии в биологии и медицине. Сб. науч. трудов под ред. чл.-корр. РАМН Е.В.Шляхто.2009.
6. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.Физматлит.2000.
7. Сайты в Интернете, например, www.nanometer.ru.
8. Ю.П.Петров. Кластеры и малые частицы. М.Наука. 1987.-368 с..
9. Ю.П.Петров. Физика малых частиц. М.Наука.1982; - 358 с.
10. Н. Кобаяси. Введение в нанотехнологию. (перевод с япон). Под. Ред. Л.Н.Патрикеева. М.Бином. 2007.
11. Т.И.Шабатина, А.М. Голубев. Нанохимия и наноматериалы (учебное пособие)ю Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, М.2014, - 63с..
12. Материалы информационно-аналитического центра «Наноматериалы и нанотехнологии» nano@misis.ru
13. Журнал «Российские нанотехнологии», информация сайта www.nano.ru
14. [Zhuomin Zhang Nano/Microscale Heat Transfer](#)

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Правила поведения и техники безопасности в химической лаборатории

1. Нельзя находиться в лаборатории в верхней одежде. Следует работать обязательно в халате. Категорически запрещается принимать пищу, пить воду в лаборатории. Нельзя работать в лаборатории в неустановленное время.

2. К выполнению лабораторной работы можно приступать после тщательного изучения методики и правил работы с приборами.

. На рабочем столе должны находиться необходимые реактивы, оборудование, посуда, рабочий журнал. Нельзя ставить на рабочий стол посторонние предметы (сумки). Слякки с реактивами должны быть снабжены этикетками и закрыты.

4. После окончания работы следует вымыть посуду, отключить электроприборы, выключить воду, привести в порядок рабочее место и сдать его лаборанту.

5. Следует соблюдать определенные правила при работе с реактивами: • концентрированные растворы кислот запрещается выливать в раковину, • нельзя путать

крышки от склянок и банок, это ведет к загрязнению реактивов, • недопустимо брать твердые реактивы руками, нюхать, пробовать их на вкус, • при налипании растворов пользуются воронкой, лишнее количество реактива нельзя выливать обратно, для этого используется колба с надписью «слив», • при отборе проб растворов кислот и щелочей, органических жидкостей их следует набирать в пипетку с помощью груши или дозатором, • Исследуемые оптическими методами растворы нельзя оставлять в кюветном отделении приборов, после работы кюветы тщательно промыть и высушить.

Правила оформления работы в лабораторном журнале

1. Написать название работы, цель работы и теоретическое введение (основные законы, уравнения, формулы, эскизы графиков);
2. В экспериментальной части указать реактивы и оборудование, условие проведения эксперимента (температура, концентрации растворов и их расчет, длины волн и т.д.);
3. Результаты измерений и расчетов по экспериментальным данным, представленные в виде таблиц и графиков, привести в тетради.
4. Записать вывод или заключение о результатах работы.
5. Ответить на вопросы для самоконтроля. Примечание. Все записи в тетради должны быть выполнены чернилами, графики – на миллиметровой бумаге с указанием масштаба и размерности величин на осях x-y. График должен быть озаглавлен и вклеен в журнал. Рекомендуется строить графиков в электронном виде приложения EXCEL и для линейных зависимостей точно определять параметры регрессии.

Самостоятельная работа студентов включает изучение основной и дополнительной литературы по данной дисциплине, подготовка выступлений на семинарах, их оформление в виде презентаций.

Предлагаемые темы презентаций:

1. Высокодисперсные эмульсии. Применение в фармации (лекарственные препараты) и в технике.
2. Углеродные наноматериалы (нанотрубки, фуллерены и пиподы). Перспективы применения в медицине и фармации. Наноинструментарий.
3. Наночастицы серебра. Антимикробная активность. Препараты с наночастицами серебра.
4. Наночастицы золота как онко-маркеры.
5. Наночастицы железа, оксидов и гидроксида железа в медицине и фармации.
6. Кинетика агрегации наночастиц. Способы стабилизации. Период индукции.
7. Ансамбли наночастиц и биомолекул (белки, ДНК, пептиды).
8. ДНК-линкеры для контроля роста наноагрегатов.
9. Нанобактерии – миф или реальность? Биосорбция (бактерии+наночастицы).
10. Золь-гель процесс– путь получения темплатосинтезируемых нанобиокомпозитов.
11. Методы прототипирования биообъектов: 3-D принтеры для медицины.
12. Методы исследования наночастиц. Микроскопия просвечивающая (ПЭМ), атомно-силовая (АСМ) и сканирующая туннельная (СТМ), дисперсионный анализ и заряд частиц (Nanosizer).

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Максимальное число баллов, набранных в семестре – 100

Коэффициент пересчета к БРС – 1.

Вид задания	Число заданий	Количество баллов	Сумма баллов	Сумма баллов (max)
1. Посещение занятий	12	2,5	30	30
2. Оформление лабораторного журнала, расчетно-графические работы	5	5	25	25
3. Презентация	1	25	25	25
4. Контрольная работа (тест)	1	20	20	20
ИТОГО (максимальный балл)				100

Балльно-рейтинговая системы и соответствие систем оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
86 - 100	5	95 - 100	5+	A
		86 - 94	5	B
69 - 85	4	69 - 85	4	C
51 - 68	3	61 - 68	3+	D
		51 - 60	3	E
0 - 50	2	31 - 50	2+	FX
		0 - 30	2	F

Контроль знаний и компетенций студента обеспечивается посещением лекций и семинаров, обсуждением тем лекций и вопросов для самостоятельной работы студента на семинарских занятиях, написанием реферата по теме, сдачей зачета по перечню вопросов.

График проведения письменных контрольных работ формируется в соответствии с календарным планом курса.

Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.

Разрешается однократно переписать контрольную работу, если по ней получено менее половины планируемых баллов, при этом аннулируются ранее полученные по этой контрольной работе баллы. Срок переписывания устанавливает преподаватель. Итоговая контрольная работа не переписывается.

Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных занятий) во время выполнения письменной контрольной работы возможно только с разрешения преподавателя.

Студент допускается к итоговой контрольной работе с любым количеством баллов, набранном в семестре, но при условии, что у студента имеется теоретическая возможность получить не менее 31 балла.

Если в итоге за семестр студент получил менее 31 балла, то ему выставляется оценка F и студент должен повторить эту дисциплину в установленном порядке. Если же в итоге студент получил не менее 31 балла, т. е. FX, то студенту разрешается добор необходимого (до 51) количества баллов. Добор баллов осуществляется путем повторного одноразового выполнения предусмотренных контрольных мероприятий, при этом аннулируются соответствующие предыдущие результаты. Ликвидация задолженностей проводится по согласованию с деканатом.

Экзамен содержит 3 вопроса. На подготовку к ответу отводится 1 час, после чего может производиться устный опрос студента. Оценивается работа из 20 баллов независимо от оценки, полученной в семестре.

Разработчик:

Профессор ФФМиЕН, д.х.н.

И.И. Михаленко

Директор ИБХТН, д.х.н.



Я.М. Станишевский

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
Факультет физико-математических и естественных наук
Кафедра физической и коллоидной химии

И. И. Михаленко

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

дисциплины

Химические методы получения

и свойства наносистем

Часть 1

для студентов направления подготовки

28.04.01 «НАНОТЕХНОЛОГИЯ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА»

Магистерская программа

«Инновационные технологии и нанотехнологии
в медицине, фармацевтике и биотехнологии»

Электронная версия

Москва-2017

СОДЕРЖАНИЕ		Стр
Правила поведения и техники безопасности в химической лаборатории		2
Правила оформления работы в лабораторном журнале		2
Цели и задачи дисциплины		3
<i>Номер раздела, модули и лабораторные работы</i>		
I. Получение и свойства коллоидных систем		5
МОДУЛЬ 1. Получение коллоидных растворов, эмульсий, пен.....		12
Работа 1а. Получение гидрозолей.....		12
Работа 1б. Получение эмульсий, явление обращения фаз		14
Работа 1бв. Получение и устойчивость пены.....		15
	<i>Контрольные вопросы модуля 1</i>	15
МОДУЛЬ 2. Оптические методы исследования коллоидов.		
Нефелометрия. Турбидиметрия		16
Работа 2а. Определение объёмной концентрации коллоидного раствора методом нефелометрии.....		22
Работа 2б. Определение размера частиц методом турбидиметрии..		24
	<i>Контрольные вопросы модуля 2</i>	26
МОДУЛЬ 3. Устойчивость дисперсий. Коагуляция. Седиментация		27
Работа 3. Коагуляция золя электролитами. Коллоидная защита		44
	<i>Контрольные вопросы модуля 3</i>	45
II Коллоидная химия высокомолекулярных соединений		46
МОДУЛЬ 4. Определение молекулярной массы ВМС вискозиметрическим и оптическим методами		55
Работа 4а. Определение молекулярной массы каучука по вязкости растворов		56
Работа 4б. Определение молекулярной массы биополимера по мутности растворов.....		57
	<i>Контрольные вопросы модуля 4</i>	57
МОДУЛЬ 5. Свойства растворов полиэлектролитов.....		57
Работа 5. Определение изо-точка белка по набуханию, мутности и вязкости растворов		60
	<i>Контрольные вопросы модуля 5</i>	62
III Мицеллярные растворы (семинар и мультимедийная лекция)		63
ПРИЛОЖЕНИЕ (домашние расчетно-графические работы).....		68
Работа 1 II. Седиментационный анализ суспензии		68
Работа 2 II. Кинетика набухания полимера.....		70
Литература		
Учебно-методический комплекс, примеры тестов		

Работа 2 П. Кинетика набухания полимеров

Теоретическая часть. Набухание – это увеличение массы или объёма полимера (высокомолекулярного вещества - ВМС) за счёт поглощения низкомолекулярной жидкости или её пара. Подвижные молекулы растворителя проникают в полимер и распределяются между макромолекулами полимера. Количественно набухание характеризуют степенью набухания α – показателем относительного увеличения V или m . Часто α выражают в процентах и значение α может изменяться от десятков до тысячи процентов.

Поскольку $V = V_0 + V_{\text{раст-ля}}$ и $m = m_0 + m_{\text{раст-ля}}$, то α можно рассчитать через объем или массу поглощенного растворителя:

$$\alpha_V = \frac{V - V_0}{V_0} = \frac{V}{V_0} - 1 = \frac{V_{\text{раст-ля}}}{V_0} \quad (2П.2),$$

$$\alpha_m = \frac{m - m_0}{m_0} = \frac{m}{m_0} - 1 = \frac{m_{\text{раст-ля}}}{m_0} \quad (2П.3),$$

где V_0 (m_0) – объем (масса) до набухания, V (m) – после набухания.

Набухание, заканчивающееся растворением ВМС, называется **неограниченным**. При **ограниченном** набухании полимер поглощает жидкость, но в ней не растворяется, а степень набухания достигает максимального значения α_{max} и в дальнейшем не увеличивается. Набухание следует отличать от впитывания жидкости пористым телом, которое не приводит к существенному изменению объема тела.

Вид набухания и скорость этого процесса зависят от природы ВМС, природы растворителя и температуры. Для пары полярных ВМС и растворителя (белок-вода) или неполярных веществ (каучук-бензол) при низкой температуре характерно ограниченное набухание. В конце ограниченного набухания образуются две фазы – насыщенный раствор полимера в растворителе и насыщенный раствор растворителя в полимере.

Причиной ограниченного набухания может быть плохое растворение (примеры – набухание поливинилхлорида в ацетоне, полихлоропрена в бензоле) и наличие пространственной сетки с поперечными химическими связями – «мостиками», препятствующими диффузии макромолекул из набухшего полимера. Возможно ограниченное набухание с частичным растворением (экстрагированием) низкомолекулярных фракций полимера.

Набухание сопровождает и процессы жизнедеятельности, например, соединительная ткань почек посредством набухания регулирует водный обмен между кровью и клетками. В фармации используются лекарственные препараты, покрытые оболочкой, или в виде капсул, что повышает сохраняемость и удобство приема действующего вещества, при этом набухание оболочек в желудке человека обеспечивает его постепенный ввод в организм.

Термодинамика. Процессы набухания и растворения протекают самопроизвольно, то есть изобарно-изотермический потенциал системы уменьшается ($\Delta G < 0$). Так как $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, то уменьшению ΔG способствуют два условия: $\Delta H < 0$ (энергетический фактор) и $\Delta S > 0$ (энтропийный фактор). Рассматривают две стадии набухания. Первая – проникновение растворителя в полимер вследствие сольватации макромолекул – сопровождается выделением теплоты сольватации (теплоты набухания), и на этой стадии $\Delta H < 0$, а энтропия изменяется незначительно $\Delta S \cong 0$, поэтому $\Delta G \cong \Delta H < 0$. Вторая – распределение молекул растворителя по объему полимера, в результате чего происходит разрыхление полимерной сетки с увеличением числа степеней свободы макромолекул, то есть возрастанием энтропии системы $\Delta S > 0$ при $\Delta H = 0$. И наконец, при растворении полимера (неограниченное набухание) имеет место полный разрыв связей между звеньями макромолекул, что также связано с ростом энтропии ($\Delta G \cong -T\Delta S < 0$).

Кинетика набухания. Ограниченное и неограниченное набухание протекает во времени и его скорость определяется скоростью диффузии молекул растворителя в полимер (ограниченное набухание) и скоростью диффузии макромолекул в растворитель (неограниченное набухание). Оба процесса диффузии вызываются стремлением системы к выравниванию концентраций и химических потенциалов компонентов.

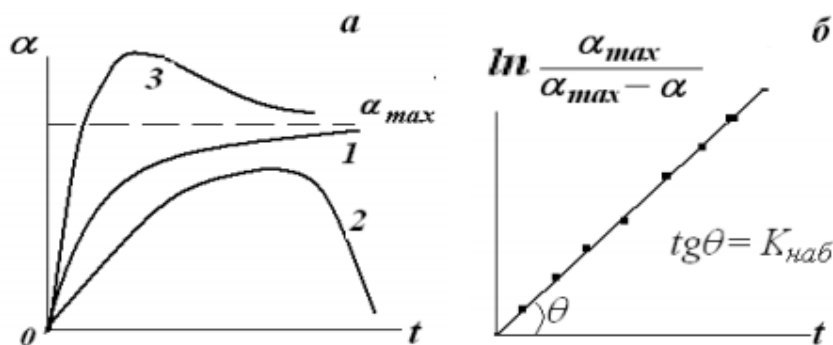


Рис.14.

(а). Три вида кинетических кривых набухания:
 1- ограниченное, 2- неограниченное набухание, 3 – с частичным растворением; (б). Графический метод определения константы скорости ограниченного набухания.

Так как скорость набухания определяется диффузией молекул растворителя в полимер, то набухание можно описать кинетическими уравнениями первого порядка по аналогии с химическими реакциями типа

$A \rightarrow B$, то есть скорость набухания $\frac{d\alpha}{dt}$ будет прямо пропорциональна степени

набухания $\frac{d\alpha}{dt} = k_{наб}(\alpha_{max} - \alpha)$ (2П.3), $k_{наб}$ – константа скорости набухания.

После разделения переменных и интегрирования получаем решение (2.П.4)

$$\int (\alpha_{max} - \alpha) d\alpha = k_{наб} \int t dt \quad \rightarrow \quad -\ln(\alpha_{max} - \alpha_t) = kt + B \quad (2П.4),$$

где α_t – степень набухания к моменту времени t , α_{max} – максимальная степень набухания, B – константа интегрирования.

Константу получим из условия, что $\alpha_t = 0$ при $t=0$, поэтому $B = -\ln \alpha_{\max}$. Тогда $-\ln(\alpha_{\max} - \alpha_t) + \ln \alpha_{\max} = kt$; $\ln\left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}\right) = kt$ и

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}\right) \quad (2П.5).$$

Построив график в координатах $\ln\left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}\right)$ от времени набухания t , как это показано на рисунке б, по тангенсу угла наклона прямой, выходящей из начала координат, находим константу скорости набухания $k_{\text{наб}}$. Значение k можно получить и расчетным (аналитическим) путем как среднее значение констант, рассчитанных по уравнению 2П.5.

Практическая часть.

Определение константы скорости ограниченного набухания полимера в воде

Цель работы – получить зависимость степени набухания синтетического полимера от времени по данным увеличения объема (размера) образца или его массы, определить константу набухания $k_{\text{наб}}$ аналитическим и графическим способами.

Порядок выполнения работы.

1. Измерить линейный размер образца или его массу до набухания, поместить его в стакан с водой (1 л).
2. Периодически проводить измерения l в течение 5-7 часов с интервалом в один час, а затем сделать (один раз в сутки) еще несколько измерений до постоянного значения длины образца. Результаты записать в таблицу и рассчитать степень набухания по формуле 1, заменив объём V на длину образца l .
3. Построить графики зависимости степени набухания α и $\ln\left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}\right)$ от времени с одинаковым масштабом оси времени.

Образец _____. Размер образца до набухания $l_0 = \dots$ см

Максимальное значение $l_{\max} = \dots$ см (через суток)

№	Время астрон.	Время опыта t , час.	l см или m , г	α	$\ln \frac{\alpha_{\max}}{(\alpha_{\max} - \alpha_t)}$	$k_{\text{наб}}$	Сред. $k_{\text{наб}}$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
....							
...							

- Сравнить значения константы скорости набухания, полученные расчётом и графическим способом (укажите размерность $k_{\text{наб}}$).
- Записать вывод работы.
- Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- Какова причина набухания полимера? Почему это самопроизвольный процесс.
- Сколько стадий набухания можно выделить, и с чем они связаны?
- Чему равна степень набухания, если за 2 часа масса полимера увеличилась в 2,5 раза? Какие факторы влияют на набухание?
- За какое время масса полимера при ограниченном набухании увеличится в 3 раза, если константа скорости набухания 2×10^{-3} мин.⁻¹, при 10-кратном максимальном увеличении массы.
- Определите массу поглощенной воды при набухании агар-агара за 5 часов, если константа скорости набухания равна $1,9 \times 10^{-3}$ мин.⁻¹, предельная масса поглощенной воды составляет 0,3 кг.