

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Коллоидные наносистемы: получение, свойства Б1.В.ОД.4

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Химия супрамолекулярных нано- и биосистем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Якимова Л.С.

Рецензент(ы):

Антипин И.С.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Антипин И. С.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Якимова Л.С. Кафедра органической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Luidmila.Savelyeva@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Коллоидная химия играет фундаментальную роль в нанонауке и нанотехнологии. Цель изучения дисциплины "Коллоидные наносистемы: получение, свойства" - формирование научного мировоззрения, целостных представлений о коллоидной химии как науке, основных направлениях ее развития и новейших достижениях, оценки роли коллоидной химии в развитии нанотехнологий и получении наноматериалов; приобретение фундаментальных знаний о дисперсных системах и поверхностных явлениях, возникающих на границе раздела фаз; развитие познавательных интересов и интеллектуальных способностей в процессе самостоятельного обновления знаний и использования их в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.В.4 Профессиональный" образовательной программы магистратуры Химия супрамолекулярных нано- и биосистем. Осваивается на 2 курсе, 3 семестре магистратуры. Форма обучения - очная.

"Коллоидные наносистемы: получение, свойства" является частью дисциплин физической и коллоидной химии и позволяет студентам освоить теоретические и практические подходы, применяемые в современных нанотехнологиях, базирующихся на свойствах дисперсных систем. Дисциплина требует предварительного знания основ общей, физической, коллоидной химии, а также физики в пределах базового курса.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии

В результате освоения дисциплины студент:

применять полученные знания на практике

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Наночастицы как объекты коллоидной химии	3	1-2	4	0	0	
2.	Тема 2. Поверхностная энергия	3	3-4	2	2	0	
3.	Тема 3. Получение наночастиц	3	5-6	2	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Поверхностные явления	3	7-8	2	2	0	контрольная работа
5.	Тема 5. Наночастицы как высокодисперсные системы	3	8-9	0	4	0	устный опрос
6.	Тема 6. Объемные свойства наночастиц	3	10-11	0	6	0	
7.	Тема 7. Размерный эффект и его проявления	3	12	0	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Практическое применение наночастиц	3	13	0	2	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	экзамен
	Итого			10	20	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Наночастицы как объекты коллоидной химии
лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Классификация наночастиц Диапазон размеров наночастиц: наименьший, определяющий возможность образования фазовой границы между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Предельный размер, соответствующий размеру некоторых физических величин (протяженности дислокации, длиной свободного пробега электронов). Разнообразие и многообразие форм наночастиц, как дисперсной фазы. Трехмерные, двухмерные (нановолокна, нанопоры, нанотрубки, нанокапилляры), одномерные в виде пленок и адсорбционных слоев. Наноструктуры из наночастиц и в объеме (в том числе металлические наночастицы в полимерах) и порах твердого тела. Классификация систем наночастиц по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. 2 Дисперсная фаза наночастиц Структура, форма и размер дисперсной фазы наночастиц. Неравновесный процесс образования наночастиц. Разнообразие форм частиц данной фазы в зависимости от условий получения (давление, температура и т.д.). Изменение плотности наночастиц за счет пустот, пор и газовых полостей. Различная ориентация кристаллов, способствующих понижению плотности на границе раздела фаз. Многокомпонентная и многофазная структура наночастиц. Особенности строения кристаллических и аморфных наночастиц. Монодисперсность и полидисперсность наночастиц. Теоретические распределения наночастиц по размерам ? нормальное или логнормальное (логарифмическое нормальное). Зависимость полидисперсности наночастиц от их свойств, способов получения, ?времени жизни? и других факторов. Значительная удельная поверхность наночастиц за счет пористости, различной плотности, геометрической неоднородности, кристаллической структуры.

Тема 2. Поверхностная энергия

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дополнительный избыток поверхностной энергии наночастиц, обусловленный их размерами, условием образования (высокие или низкие температуры, значительная скорость процесса, воздействие мощных источников излучения) и изменением атомно-кристаллической структуры материалов. Возникновение неоднородной деформации и неоднородного распределения компонентов и фаз на поверхности. Увеличение смещения атомов, дефектность. Сокращение расстояния между атомами на плоскости. Поверхностная релаксация и избыточная поверхностная энергия. Избыточная энергия как энергия дефектов, пропорциональная их числу. Свободная поверхностная энергия в виде энергии Гиббса, ее поверхностное и объемное слагаемые. Удельная свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Зависимость поверхностного натяжения от размеров наночастиц: расчёт по формуле Толмана и упрощенной формуле Русанова. Причины роста удельной поверхностной энергии по мере снижения размеров частиц. Увеличение доли атомов на поверхности частиц. Неравновесное состояние поверхности наночастиц. Изменение удельной свободной поверхностной энергии с течением времени и ее связь с энергией Гиббса. Способы определения удельной свободной поверхностной энергии наночастиц по кинетике испарения и температуры плавления.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Дополнительный избыток поверхностной энергии наночастиц, обусловленный их размерами, условием образования (высокие или низкие температуры, значительная скорость процесса, воздействие мощных источников излучения) и изменением атомно-кристаллической структуры материалов. Возникновение неоднородной деформации и неоднородного распределения компонентов и фаз на поверхности. Увеличение смещения атомов, дефектность. Сокращение расстояния между атомами на плоскости. Поверхностная релаксация и избыточная поверхностная энергия. Избыточная энергия как энергия дефектов, пропорциональная их числу. Свободная поверхностная энергия в виде энергии Гиббса, ее поверхностное и объемное слагаемые. Удельная свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Зависимость поверхностного натяжения от размеров наночастиц: расчёт по формуле Толмана и упрощенной формуле Русанова. Причины роста удельной поверхностной энергии по мере снижения размеров частиц. Увеличение доли атомов на поверхности частиц. Неравновесное состояние поверхности наночастиц. Изменение удельной свободной поверхностной энергии с течением времени и ее связь с энергией Гиббса. Способы определения удельной свободной поверхностной энергии наночастиц по кинетике испарения и температуры плавления.

Тема 3. Получение наночастиц

лекционное занятие (2 часа(ов)):

1 Классификация способов получения наночастиц
 Возможность классификации способов получения наночастиц: диспергированием и конденсацией путём разграничения физических и химических способов. Особенности получения наночастиц диспергированием, то есть сверху ? вниз, от ненаноразмерных тел к наночастицам. Ограниченные возможности диспергирования. Элементарные процессы и стадии механического диспергирования. Возможность расчета минимального расчета наночастиц при диспергировании с учетом структурно-механических параметров. Интенсификация процесса диспергирования: ультразвуковое и электроискровое, при помощи ударных волн и низкотемпературной плазмы.
 2. Получения наночастиц конденсацией (снизу - вверх) Принцип снизу ? вверх означает получение наночастиц из молекул. Особенности основных конденсационных способов: жидкостное восстановление, радиолиз, плазменное напыление. Стадии процесса получения наночастиц при помощи молекулярного наращивания. Кристаллизация из раствора. Особенности золь-гель перехода и элементарные акты этого процесса.
 3 Методы определения размера наночастиц и исследования состояния поверхности Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Рассеяние света. Сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия. Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Принципы работы сканирующих зондовых приборов.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1 Классификация способов получения наночастиц
 Возможность классификации способов получения наночастиц: диспергированием и конденсацией путём разграничения физических и химических способов. Особенности получения наночастиц диспергированием, то есть сверху ? вниз, от ненаноразмерных тел к наночастицам. Ограниченные возможности диспергирования. Элементарные процессы и стадии механического диспергирования. Возможность расчета минимального расчета наночастиц при диспергировании с учетом структурно-механических параметров. Интенсификация процесса диспергирования: ультразвуковое и электроискровое, при помощи ударных волн и низкотемпературной плазмы.
 2. Получения наночастиц конденсацией (снизу - вверх) Принцип снизу ? вверх означает получение наночастиц из молекул. Особенности основных конденсационных способов: жидкостное восстановление, радиолиз, плазменное напыление. Стадии процесса получения наночастиц при помощи молекулярного наращивания. Кристаллизация из раствора. Особенности золь-гель перехода и элементарные акты этого процесса.
 3 Методы определения размера наночастиц и исследования состояния поверхности Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Рассеяние света. Сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия. Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Принципы работы сканирующих зондовых приборов.

Тема 4. Поверхностные явления

лекционное занятие (2 часа(ов)):

1 Адсорбция Влияние избытка поверхностной энергии на адсорбцию. Повышенная адсорбционная активность наночастиц и значительно адсорбционная емкость. Увеличение скорости адсорбционного процесса. Зависимость адсорбционного потенциала от размера частиц. Изменение свойств поверхности наночастиц в результате адсорбции. Каталитическая активность наночастиц и связь ее с избытком поверхностной энергии. Применение наночастиц для очистки воды.
 2 Адгезия Причины повышенной адгезии наночастиц. Влияние избытка поверхностной энергии на адгезионное взаимодействие. Экспериментальное определение силы адгезии наночастиц путем моделирования и в сопоставлении с силой трения. Расчетные значения сил адгезии по теории Дерягина ? Мюллера ? Топорова (ДМТ). Связь силы адгезии с равновесной работой адгезии и поверхностным натяжением. Адгезия нанокapель и особенности смачивания ими. Уравнения Юнга для нанокapель. Зависимость краевого угла от размера нанокapель. Возможность расчета этой зависимости. Сопоставление экспериментальных данных и расчетных по значению краевого угла наноразмерных капель. Линейное натяжение нанокapель и горизонтальная сила, приложенная трехфазовому контакту. Смачивание нитей нанокapлями и тонкой упругой пленки. Кинетика растекания нанокapель.

практическое занятие (2 часа(ов)):

1 Адсорбция Влияние избытка поверхностной энергии на адсорбцию. Повышенная адсорбционная активность наночастиц и значительно адсорбционная емкость. Увеличение скорости адсорбционного процесса. Зависимость адсорбционного потенциала от размера частиц. Изменение свойств поверхности наночастиц в результате адсорбции. Каталитическая активность наночастиц и связь ее с избытком поверхностной энергии. Применение наночастиц для очистки воды. 2 Адгезия Причины повышенной адгезии наночастиц. Влияние избытка поверхностной энергии на адгезионное взаимодействие. Экспериментальное определение силы адгезии наночастиц путем моделирования и в сопоставлении с силой трения. Расчетные значения сил адгезии по теории Дерягина ? Мюллера ? Топорова (ДМТ). Связь силы адгезии с равновесной работой адгезии и поверхностным натяжением. Адгезия наночастиц и особенности смачивания ими. Уравнения Юнга для наночастиц. Зависимость краевого угла от размера наночастиц. Возможность расчета этой зависимости. Сопоставление экспериментальных данных и расчетных по значению краевого угла наночастиц. Линейное натяжение наночастиц и горизонтальная сила, приложенная к трехфазовому контакту. Смачивание нитей наночастицами и тонкой упругой пленки. Кинетика растекания наночастиц.

Тема 5. Наночастицы как высокодисперсные системы

практическое занятие (4 часа(ов)):

1 Особенности молекулярно ? кинетических свойств Диффузия. Основные закономерности и математические выражения, и ее определение. Количественная особенность диффузии наночастиц в отличие от ионной и молекулярной. Три вида диффузии в отношении кристаллических наночастиц: межкристаллическая, поверхностная и на границе дисперсной фазы и дисперсионной среды. Соотношение между ними в зависимости от свойств наночастиц. Особенности процесса диффузии для аморфных наночастиц. Броуновское движение ? причины и определение его эффективности. Связь броуновского движения со свойствами наночастиц, дисперсионной среды и их взаимного влияния. Осмос ? причины и следствия. Осмотическое давление и его математическое выражение. Особенности осмоса наночастиц и через мембраны, имеющие наноразмерные поры. 2 Электрокинетические свойства. Особенности структуры двойного электрического слоя (ДЭС) с учетом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Соизмеримость адсорбционной и особенно диффузных частей ДЭС с размерами самих наночастиц. Воздействие электрического поля в ходе перемещения наночастиц. Проявление электрокинетических явлений в наноразмерных капиллярах. Взаимное влияние на структуру ДЭС радиуса капилляров и размера наночастиц. 3 Оптические свойства. Влияние дискретной кристаллической структуры наночастиц на рассеяние и поглощение света. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера при пропускании света через слой наночастиц.

Тема 6. Объемные свойства наночастиц

практическое занятие (6 часа(ов)):

1 Устойчивость. Два вида устойчивости наночастиц ? агрегативная и седиментационная. Возможно образование систем с фиксированным положением наночастиц в матрице, полимерной. Структуры образуются из наночастиц. Особенности седиментационной и агрегативной устойчивости в жидкой среде. Отклонение от теории ДЛФО и особенности расклинивающего давления с учетом того, что радиус наночастиц может быть меньше толщины прослойки между частицами. Расчет энергии межмолекулярного взаимодействия в зависимости от отношения между радиусом наночастиц и прослойки между ними. Особенности определения константы Гамакера. Снижение энергии межмолекулярного взаимодействия с уменьшением размеров наночастиц. Расчет электростатической компоненты расклинивающего давления с учетом перекрытия двойных электрических слоев. Агрегативная неустойчивость. Связь электрокинетических явлений с величиной дзета ? потенциала. Коагуляция и нарушение агрегативной и седиментационной устойчивости. Зависимость этих процессов от свойств наночастиц растворителя и внешнего воздействия. 2 Структурно-механические свойства Структурно ? механические свойства отдельных наночастиц (твердость, прочность и др.) и массы из наночастиц. Свободнодисперсные и связнодисперсные наносистемы. Особенности структурированных связнодисперсных наночастиц. Системы, способные течь и обладающие прочностью и упругостью. Предел текучести связнодисперсных систем. Расчет предела текучести по закону Холла ? Петча. Зависимость предела текучести от размера наночастиц и их твердости. Оценка упругих свойств наночастиц при помощи модуля Юнга и модуля сдвига. Причины значительного повышения упругих и прочностных свойств наночастиц по сравнению с обычными системами. 3 Самопроизвольно образующиеся наносистемы Прямые и обратные мицеллы. Кинетика образования мицелл. Особенности структуры мицеллы как комплекса жидкообразных и твердых тел. Адсорбционные слои ПАВ на поверхности раздела фаз. Образование структурно ? механического барьера в адсорбционных слоях ПАВ. Возможность образования локальной концентрации и островковой наноразмерной структуры ПАВ. Кольца Лизеганга за счет выпадения твердых осадков и образования наночастиц.

Тема 7. Размерный эффект и его проявления

практическое занятие (2 часа(ов)):

Размерный эффект и его проявления

Тема 8. Практическое применение наночастиц

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое применение наночастиц

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Получение наночастиц	3	5-6	подготовка к устному опросу	13	устный опрос
4.	Тема 4. Поверхностные явления	3	7-8	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
5.	Тема 5. Наночастицы как высокодисперсные системы	3	8-9	подготовка к устному опросу	12	устный опрос
7.	Тема 7. Размерный эффект и его проявления	3	12	подготовка к устному опросу	13	устный опрос
8.	Тема 8. Практическое применение наночастиц	3	13	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
	Итого				42	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины осуществляется через использование традиционных (лекции, практические занятия) и инновационных образовательных технологий, активных и интерактивных форм проведения занятий: изложение лекционного материала с элементами диалога, обсуждения, использование мультимедийных программ, подготовка и выступление студентов с докладами на семинарских занятиях по предложенной теме.

Проводится обсуждение актуальных тем, разбор конкретных ситуаций.

Изучение дисциплины включает:

- посещение всех видов аудиторных работ;
- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- работу с источниками Интернет;
- подготовку к различным формам контроля (устный опрос);
- подготовка к итоговой форме контроля - экзамен.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Наночастицы как объекты коллоидной химии

Тема 2. Поверхностная энергия

Тема 3. Получение наночастиц

устный опрос , примерные вопросы:

1 Классификация способов получения наночастиц
Возможность классификации способов получения наночастиц: диспергированием и конденсацией путём разграничения физических и химических способов. Особенности получения наночастиц диспергированием, то есть сверху ? вниз, от ненаноразмерных тел к наночастицам. Ограниченные возможности диспергирования. Элементарные процессы и стадии механического диспергирования. Возможность расчета минимального размера наночастиц при диспергировании с учетом структурно-механических параметров. Интенсификация процесса диспергирования: ультразвуковое и электроискровое, при помощи ударных волн и низкотемпературной плазмы. 2. Получения наночастиц конденсацией (снизу - вверх) Принцип снизу ? вверх означает получение наночастиц из молекул. Особенности основных конденсационных способов: жидкостное восстановление, радиолиз, плазменное напыление. Стадии процесса получения наночастиц при помощи молекулярного наращивания. Кристаллизация из раствора. Особенности золь-гель перехода и элементарные акты этого процесса. 3 Методы определения размера наночастиц и исследования состояния поверхности Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Рассеяние света. Сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия. Дифракция рентгеновских лучей и электронов. Принципы работы сканирующих зондовых приборов.

Тема 4. Поверхностные явления

контрольная работа , примерные вопросы:

Пример билетов к контрольной работе ♦1 Билет 1 1. Диапазон размеров наночастиц: наименьший, определяющий возможность образования фазовой границы между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Предельный размер, соответствующий размеру некоторых физических величин (протяженности дислокации, длиной свободного пробега электронов). 2. Структура, форма и размер дисперсной фазы наночастиц. 3. Дополнительный избыток поверхностной энергии наночастиц, обусловленный их размерами, условием образования (высокие или низкие температуры, значительная скорость процесса, воздействие мощных источников излучения) и изменением атомно-кристаллической структуры материалов. Билет 2 1. Разнообразие и многообразие форм наночастиц, как дисперсной фазы. Трехмерные, двухмерные (нановолокна, нанопоры, нанотрубки, нанокapилляры), одномерные в виде пленок и адсорбционных слоев. 2. Неравновесный процесс образования наночастиц. Разнообразие форм частиц данной фазы в зависимости от условий получения (давление, температура и т.д.). 3. Возникновение неоднородной деформации и неоднородного распределения компонентов и фаз на поверхности. Увеличение смещения атомов, дефектность. Сокращение расстояния между атомами на плоскости. Поверхностная релаксация и избыточная поверхностная энергия. Билет 3 1. Наноструктуры из наночастиц и в объеме (в том числе металлические наночастицы в полимерах) и порах твердого тела. Классификация систем наночастиц по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. 2. Изменение плотности наночастиц за счет пустот, пор и газовых полостей. 3. Избыточная энергия как энергия дефектов, пропорциональная их числу. Билет 4 1. Различная ориентация кристаллов, способствующих понижению плотности на границе раздела фаз. Многокомпонентная и многофазная структура наночастиц. Особенности строения кристаллических и аморфных наночастиц. Монодисперсность и полидисперсность наночастиц. 2. Возможность классификации способов получения наночастиц: диспергированием и конденсацией путём разграничения физических и химических способов. 3. Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Рассеяние света.

Тема 5. Наночастицы как высокодисперсные системы

устный опрос , примерные вопросы:

1 Особенности молекулярно ? кинетических свойств Диффузия. Основные закономерности и математические выражения, и ее определение. Количественная особенность диффузии наночастиц в отличие от ионной и молекулярной. Три вида диффузии в отношении кристаллических наночастиц: межкристаллическая, поверхностная и на границе дисперсной фазы и дисперсионной среды. Соотношение между ними в зависимости от свойств наночастиц. Особенности процесса диффузии для аморфных наночастиц. Броуновское движение ? причины и определение его эффективности. Связь броуновского движения со свойствами наночастиц, дисперсионной среды и их взаимного влияния. Осмос ? причины и следствия. Осмотическое давление и его математическое выражение. Особенности осмоса наночастиц и через мембраны, имеющие наноразмерные поры. 2 Электрокинетические свойства. Особенности структуры двойного электрического слоя (ДЭС) с учетом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Соизмеримость адсорбционной и особенно диффузных частей ДЭС с размерами самих наночастиц. Воздействие электрического поля в ходе перемещения наночастиц. Проявление электрокинетических явлений в наноразмерных капиллярах. Взаимное влияние на структуру ДЭС радиуса капилляров и размера наночастиц. 3 Оптические свойства. Влияние дискретной кристаллической структуры наночастиц на рассеяние и поглощение света. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера при пропускании света через слой наночастиц.

Тема 6. Объемные свойства наночастиц

Тема 7. Размерный эффект и его проявления

устный опрос , примерные вопросы:

1 Устойчивость. Два вида устойчивости наночастиц ? агрегативная и седиментационная. Возможно образование систем с фиксированным положением наночастиц в матрице, полимерной. Структуры образуются из наночастиц. Особенности седиментационной и агрегативной устойчивости в жидкой среде. Отклонение от теории ДЛФО и особенности расклинивающего давления с учетом того, что радиус наночастиц может быть меньше толщины прослойки между частицами. Расчет энергии межмолекулярного взаимодействия в зависимости от отношения между радиусом наночастиц и прослойки между ними. Особенности определения константы Гамакера. Снижение энергии межмолекулярного взаимодействия с уменьшением размеров наночастиц. Расчет электростатической компоненты расклинивающего давления с учетом перекрытия двойных электрических слоев. Агрегативная неустойчивость. Связь электрокинетических явлений с величиной дзета ? потенциала. Коагуляция и нарушение агрегативной и седиментационной устойчивости. Зависимость этих процессов от свойств наночастиц растворителя и внешнего воздействия. 2 Структурно-механические свойства Структурно ? механические свойства отдельных наночастиц (твердость, прочность и др.) и массы из наночастиц. Свободнодисперсные и связнодисперсные наносистемы. Особенности структурированных связнодисперсных наночастиц. Системы, способные течь и обладающие прочностью и упругостью. Предел текучести связнодисперсных систем. Расчет предела текучести по закону Холла ? Петча. Зависимость предела текучести от размера наночастиц и их твердости. Оценка упругих свойств наночастиц при помощи модуля Юнга и модуля сдвига. Причины значительного повышения упругих и прочностных свойств наночастиц по сравнению с обычными системами. 3 Самопроизвольно образующиеся наносистемы Прямые и обратные мицеллы. Кинетика образования мицелл. Особенности структуры мицеллы как комплекса жидкообразных и твердых тел. Адсорбционные слои ПАВ на поверхности раздела фаз. Образование структурно ? механического барьера в адсорбционных слоях ПАВ. Возможность образования локальной концентрации и островковой наноразмерной структуры ПАВ. Кольца Лизеганга за счет выпадения твердых осадков и образования наночастиц. 4. Размерный эффект и его проявления. Классификация наночастиц Диапазон размеров наночастиц: наименьший, определяющий возможность образования фазовой границы между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Предельный размер, соответствующий размеру некоторых физических величин (протяженности дислокации, длиной свободного пробега электронов). Разнообразие и многообразие форм наночастиц, как дисперсной фазы. Трехмерные, двухмерные (нановолокна, нанопоры, нанотрубки, нанокапилляры), одномерные в виде пленок и адсорбционных слоев. Наноструктуры из наночастиц и в объеме (в том числе металлические наночастицы в полимерах) и порах твердого тела. Классификация систем наночастиц по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. 5 Дисперсная фаза наночастиц Структура, форма и размер дисперсной фазы наночастиц. Неравновесный процесс образования наночастиц. Разнообразие форм частиц данной фазы в зависимости от условий получения (давление, температура и т.д.). Изменение плотности наночастиц за счет пустот, пор и газовых полостей. Различная ориентация кристаллов, способствующих понижению плотности на границе раздела фаз. Многокомпонентная и многофазная структура наночастиц. Особенности строения кристаллических и аморфных наночастиц. Монодисперсность и полидисперсность наночастиц. Теоретические распределения наночастиц по размерам ? нормальное или логнормальное (логарифмическое нормальное). Зависимость полидисперсности наночастиц от их свойств, способов получения, ?времени жизни? и других факторов. Значительная удельная поверхность наночастиц за счет пористости, различной плотности, геометрической неоднородности, кристаллической структуры.

Тема 8. Практическое применение наночастиц

контрольная работа , примерные вопросы:

Билет 1 1 Диффузия. Основные закономерности и математические выражения, и ее определение. Количественная особенность диффузии наночастиц в отличие от ионной и молекулярной. 2. Броуновское движение: причины и определение его эффективности. Связь броуновского движения со свойствами наночастиц, дисперсионной среды и их взаимного влияния. 3. Особенности структуры двойного электрического слоя (ДЭС) с учетом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Соизмеримость адсорбционной и особенно диффузных частей ДЭС с размерами самих наночастиц. Билет 2 1. Три вида диффузии в отношении кристаллических наночастиц: межкристаллическая, поверхностная и на границе дисперсной фазы и дисперсионной среды. Соотношение между ними в зависимости от свойств наночастиц. 2. Влияние дискретной кристаллической структуры наночастиц на рассеяние и поглощение света. 3. Расчет энергии межмолекулярного взаимодействия в зависимости от отношения между радиусом наночастиц и прослойки между ними. Особенности определения константы Гамакера. Снижение энергии межмолекулярного взаимодействия с уменьшением размеров наночастиц. Билет 3 1. Особенности процесса диффузии для аморфных наночастиц. 2. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера при пропускании света через слой наночастиц. 3. Прямые и обратные мицеллы. Кинетика образования мицелл. Особенности структуры мицеллы как комплекса жидкообразных и твердых тел. Билет 4 1. Осмос: причины и следствия. Осмотическое давление и его математическое выражение. Особенности осмоса наночастиц и через мембраны, имеющие наноразмерные поры. 2. Электрокинетические свойства. Воздействие электрического поля в ходе перемещения наночастиц. 3. Адсорбционные слои ПАВ на поверхности раздела фаз. Образование структурно-механического барьера в адсорбционных слоях ПАВ. Возможность образования локальной концентрации и островковой наноразмерной структуры ПАВ.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы к экзамену:

1. Высокодисперсные системы как объекты коллоидной химии. Наночастицы - представители высокодисперсных систем
2. Новые качества наночастиц. Обоснование минимального и максимального размера наночастиц. Разнообразие и многообразие форм наночастиц. Трёх-мерные, двухмерные и одномерные наночастицы.
3. Классификация наночастиц по агрегатному состоянию. Особенности кристаллических и аморфных наночастиц. Разнообразие структур и форм наночастиц. Структура и фазовое состояние наночастиц различных модификаций.
4. Причины повышенной удельной поверхности наночастиц. Полидисперсность наночастиц. Геометрическая неоднородность наночастиц. Распределение наночастиц по размерам: нормальное и логарифмическое нормальное.
5. Зависимость избыточной поверхностной энергии Гиббса G_S от размера частиц. Поверхностные и объёмные слагаемые величины G_S .
6. Влияние экстремальных условий образования наночастиц на поверхностные явления. Избыточная поверхностная энергия как энергия дефектов кристаллических наночастиц.
7. Поверхностное натяжение σ и его зависимость от размера наночастиц. Формула Толмана для σ как функции размера наночастиц. Также по упрощённой формуле Русанова.
8. Способы определения поверхностного натяжения наночастиц. Связь между неравновесной и равновесной удельной свободной поверхностной энергией наночастиц.
9. Изменение удельной свободной поверхностной энергии с течением времени.
10. Влияние избытка поверхностной энергии на процесс адсорбции наночастицами. Повышенная адсорбционная активность (ёмкость) наночастиц. Увеличение скорости адсорбционного процесса.
11. Зависимость адсорбционного потенциала от размера частиц. Применение наночастиц для очистки воды. Особенности применения наночастиц в качестве катализатора.

12. Причины повышенной адгезии наночастиц. Влияние избытка поверхностной энергии на адгезионное взаимодействие наночастиц. Определение адгезии наночастиц путём моделирования
13. Расчётное значение силы адгезии наночастиц по теории Дерягина- Мюллера - Топорова (ДМТ). Связь силы адгезии с равновесной работой сил адгезии и поверхностном натяжении.
14. Уравнение Юнга для нанокапель. Зависимость краевого угла смачивания от размера нанокапель. Линейное натяжение нанокапель.
15. Смачивание нитей нанокаплями. Смачивание тонкой упругой плёнки. Стадии растекания нанокапель. Качественные особенности диффузии наночастиц.
16. Сопоставление диффузии наночастиц с ионной и молекулярной диффузией. Три вида диффузии в отношении кристаллических наночастиц.
17. Соотношение межкристаллической, поверхностной и межфазовой диффузии
18. Соотношение коэффициента диффузии для трёх её различных видов кристаллических тел. Особенности структуры аморфных наночастиц.
19. Влияние свойств наночастиц на броуновское движение. Зависимость броуновского движения от свойств наночастиц, дисперсионной среды и их взаимного влияния.
20. Осмотическое давление, его математическое выражение для наночастиц. Осмос через мембраны с наноразмерными порами.
21. Структура двойного электрического слоя с учётом дискретности кристаллической поверхности наночастиц. Соизмеримость адсорбционной и особенно диффузной части двойного электрического слоя с размерами самих наночастиц. Разделение электронного поля на наночастиц, находящегося в виде золь.
22. Электролитические явления в наноразмерных капиллярах. Электроосмос в зависимости от соотношения размера частиц и радиуса нанокапель. Линейная скорость электроосмоса в наноразмерных капиллярах.
23. Влияние дискретной кристаллической структуры наночастиц на рассеяние и поглощение света. Оптические свойства в зависимости от размера наночастиц. Отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера при пропускании света через слой наночастиц.
24. Классификация способов получения наночастиц. Диспергирование и конденсационные способы получения наночастиц. Специфические способы получения наночастиц.
25. Элементарные процессы и стадии механического диспергирования. Физические и химические способы получения наночастиц. Варианты процесса диспергирования.
26. Образование наночастиц конденсационными способами. Жидкостное восстановление и радиолиз.
27. Стадия метода молекулярного наращивания. Получение наночастиц кристаллизацией из раствора. Особенности получения частиц путём золь-гель перехода.
28. Классификация методов определения размеров наночастиц. Принцип работы сканируемых зондовых приборов.
29. Особенности двух видов устойчивости наночастиц. Системы с фиксированным положением наночастиц.
30. Седиментационная устойчивость золя и аэрозоля. Отклонение от теории ДЛФО для наночастиц.

Примеры билетов к экзамену:

Билет ♦ 1 к экзамену по дисциплине "Коллоидные наносистемы: получение, свойства"

1. Классификация наночастиц.

2. Адсорбция. Влияние избытка поверхностной энергии на адсорбцию.

Билет ♦ 2 к экзамену по дисциплине "Коллоидные наносистемы: получение, свойства"

1. Высокодисперсные системы как объекты коллоидной химии. Наночастицы - представители высокодисперсных систем.

2. Изменение удельной свободной поверхностной энергии с течением времени.

Билет ♦ 3 к экзамену по дисциплине "Коллоидные наносистемы: получение, свойства"

1. Новые качества наночастиц. Обоснование минимального и максимального размера наночастиц. Разнообразии и многообразии форм наночастиц. Трёхмерные, двухмерные и одномерные наночастицы.
2. Классификация методов определения размеров наночастиц. Принцип работы сканируемых зондовых приборов.

7.1. Основная литература:

- Курс коллоидной химии, Фридрихсберг, Дмитрий Александрович, 2010г.
Практическое руководство к лабораторным работам по коллоидной химии, Зиганшин, Марат Ахмедович;Соломонов, Борис Николаевич, 2012г.
Курс лекций по физической и коллоидной химии, Зиганшин, Марат Ахмедович;Горбачук, Валерий Виленович, 2010г.
Физическая и коллоидная химия, Халиуллин, Р. Р.;Хисамеев, Г. Г.;Никитина, Л. Е., 2011г.
Коллоидная химия, Гельфман, Марк Иосифович;Ковалевич, Ольга Викторовна;Юстратов, Владимир Петрович, 2010г.
Коллоидная химия, Шукин, Евгений Дмитриевич;Перцов, Александр Валериевич;Амелина, Елена Анатольевна, 2013г.
7. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2010. ? 416 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4027> ? Загл. с экрана.
 8. Вережников, В.Н. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ. [Электронный ресурс] / В.Н. Вережников, И.И. Гермашева, М.Ю. Крысин. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 304 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64325> ? Загл. с экрана.
 9. Волков, В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 672 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/65045> ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

- Физическая и коллоидная химия, Кругляков, Петр Максимович;Хаскова, Татьяна Николаевна, 2007г.
Физическая и коллоидная химия, Белик, Валентина Васильевна;Киенская, Карина Игоревна, 2005г.
Нанохимия, Сергеев, Глеб Борисович, 2009г.
Основы нанотехнологии и нанохимии, Стойков, Иван Иванович;Евтюгин, Геннадий Артурович, 2010г.
5. Шабанова, Н.А. Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2016. ? 331 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/90248> ? Загл. с экрана.

7.3. Интернет-ресурсы:

- <http://www.nanojournal.ru/> - <http://www.nanojournal.ru/>
http://www.nanometer.ru - http://www.nanometer.ru
<http://www.nano-technology.org> - <http://www.nano-technology.org>
Коллоидная химия. Кафедра коллоидной химии. РХТУ им. Д.И.Менделеева - <http://colloid.distant.ru/>
Учебные материалы по коллоидной химии. Химический факультет МГУ. - <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/colloid.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Коллоидные наносистемы: получение, свойства" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

мультимедийная аудитория

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе Химия супрамолекулярных нано- и биосистем .

Автор(ы):

Якимова Л.С. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Антипин И.С. _____

"__" _____ 201__ г.