

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР

А.А.Панфилов

« 07 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
Уровень высшего образования бакалавриат  
Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экс./зачет, час.)
3	3/108	18	18	-	72	Зачет
Итого	3/108	18	18	-	72	Зачет

Владимир 20 15

me

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями освоения дисциплины являются:** ознакомление студентов с химическими основами нанотехнологий, способами синтеза наноструктур, возможностями управления их размерами и формой, свойствами наноматериалов, определяющими их конкурентоспособность в сравнении с традиционными материалами; формирование навыков применения теоретических знаний при решении практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химические основы нанотехнологий» относится к вариативной части ОПОП, *обеспечивающие функции*.

Данный курс опирается на знания, полученные студентами при изучении физики, химии и математики.

Полученные студентами знания необходимы при изучении таких дисциплин как «Введение в нанотехнологии», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Химическая технология нанокерамики».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:  
ОПК-2 способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат.

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты обучения:

**Знать:** основные закономерности протекания химических процессов, методы описания фазовых и химических равновесий, основы структурной организации веществ и материалов (ОПК-2 способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат);

**Владеть:** навыками практического применения законов химии при постановке и реализации экспериментальных исследований и решении практических задач (ОПК-2 способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат);

**Уметь:** применять полученные знания в области химии для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач (ОПК-2 способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной работы, включая СРС и трудоемкость, час.								Объем уч. раб. с примен. интеракт методов час. (%)	Формы контроля успеваемости
				Лекции	Консульт.	Семинары	Практ. зан.	Лаб. работ.	Контр. раб	СРС	КП/КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Нанотехнология. Основные понятия. Иерархия структурных уровней материалов.	3	1	2						8		2 (100)	
2.	Вещество, фаза, дефект, структура. Основные понятия.	3	3-5	4						16		4 (100)	Рейтинг-контроль № 1
3.	Материалы. Их классификация. Наноматериалы.	3	7-9	4						16		4(100)	
4.	Стабильные, метастабильные и лабильные системы. Взаимодействия в сложных системах.	3	11	2						8		2(100)	Рейтинг-контроль № 2

5.	Химические методы синтеза наночастиц и наноматериалов.	3	13-17	6			18			24		24(100)	Рейтинг-контроль № 3
	Всего, час	108		18			18			72		36(100)	Зачет

#### Тематика практических занятий по курсу

1. Молекулярно-кинетические свойства нанодисперсных систем с жидкой и газообразной дисперсионной средой (4ч).
2. Оптические свойства нанодисперсных систем (2ч).
3. Дисперсионный анализ полидисперсных систем (4ч).
4. Физико-химические закономерности процессов, протекающих в нанопористых системах (4ч).
5. Физико-химические закономерности образования нанокластеров (4ч).

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание теоретического материала осуществляется с применением электронных средств обучения при непосредственном прочтении данного материала лектором.

Некоторые разделы теоретического курса рассматриваются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются контрольные работы.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы:

1. Нанотехнология. Наноматериалы. Иерархия структурных уровней материалов.
2. Структурно-чувствительные характеристики наноструктурированных материалов. Основные факторы их определяющие.
3. Классификация наноматериалов по их размерности.
4. Эволюция наносистем. Топохимическая память.
5. Методы анализа наносистем и наноматериалов.
6. Вещество. Фаза. Кристаллическая структура. Идеальный, совершенный и реальный кристалл.
7. Дефекты в кристаллах. Их классификация.
8. Равновесные дефекты. Уравнение зависимости концентрации равновесных дефектов от изменения энергии Гиббса и температуры.
9. Точечные (нульмерные) дефекты.
10. Линейные (одномерные) дефекты.
11. Дислокация.
12. Двумерные дефекты. Двойникование.
13. Трехмерные дефекты.
14. Влияние дефектов на свойства наноматериалов.
15. Общая классификация материалов. Алгоритм их создания.
16. Классификация материалов по составу. Фазовый состав материалов.
17. Классификация материалов по структуре. Кристаллические и некристаллические материалы.
18. Классификация материалов по формам существования. Композиты, покрытия, тонкие пленки.
19. Классификация материалов по функциональным свойствам. Биоматериалы. Оптические материалы. Сенсоры.
20. Стабильные, метастабильные и лабильные системы.
21. Термодинамический и кинетический контроль формирования метастабильных состояний.
22. ТТТ- и ССТ- диаграммы.
23. Использование ТТТ- диаграмм при создании материалов с контролируемыми свойствами.
24. ТТТ- диаграммы гелеобразующих систем.
25. Неравновесные процессы в изолированных, закрытых и открытых системах.
26. Взаимодействия в сложных системах. Способы образования периодических структур. Общие принципы самосборки и самоорганизации.
27. Самоорганизация. Условия самоорганизации в открытых системах с образованием диссипативных структур. Бифуркация.
28. Самосборка в молекулярных системах.
29. Классификация методов получения наноматериалов по типу формирования наноструктур.
30. Классификация методов получения наноматериалов по способу получения и стабилизации наночастиц.
31. Золь-гель метод. Основные реакционные параметры.
32. Золь-гель метод. Возможность использования в качестве прекурсоров алкоголятов металлов. Гидролиз алкоголятов металлов по механизму нуклеофильного замещения.

33. Золь-гель метод. Возможность использования в качестве прекурсоров алколюлятов металлов. Сополиконденсация алколюлятов металлов по механизму алколюляции.
34. Золь-гель метод. Возможность использования в качестве прекурсоров алколюлятов металлов. Сополиконденсация алколюлятов металлов по механизму оксолюляции.
35. Золь-гель метод. Возможность использования в качестве прекурсоров алколюлятов металлов. Сополиконденсация алколюлятов металлов по механизму оляции.
36. Соотношение гидролиза как количественная характеристика, отражающая возможность направленного синтеза гидроксидов и оксидов металлов с заданной морфологией.
37. Гидротермальный и сольватотермальный синтез наночастиц. Суть метода. Условия проведения процесса. Возможность получения частиц с контролируемой структурой.
38. Коллоидные нанореакторы. Основные виды. Принципы формирования. Преимущества.
39. Мицеллы. Типы мицеллярных систем.
40. Нормальные и обращенные мицеллы. Синтез в обращенных мицеллах.
41. Микроэмульсии. Синтез в микроэмульсиях.
42. Микро- и мини- эмульсии. Синтез в миниэмульсиях. Получение гибридных материалов.
43. Синтез в полимеризованных мицеллярных структурах. Получение блок-сополимеров.
44. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Принципиальная схема метода.
45. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Характер зависимости структуры пленки от степени сжатия и температуры.
46. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Методы нанесения пленок на твердую поверхность. Получение мультислоев.

### Рейтинг-контроль № 1

1. Рассчитайте коэффициент диффузии коллоидного золота при 20°C в воде, если радиус его частиц равен  $10^{-9}$  м, вязкость равна  $0,001$  Н с/м<sup>2</sup>.
  2. Определите коэффициент сопротивления при движении частицы кварца в воде, если коэффициент диффузии равен  $2,1 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с, температура равна 25°C.
  3. Определите удельную поверхность следующих частиц: а) куб с длиной ребра 1 мкм ( $10^6$  м), б) шар с диаметром 1 мкм, в) цилиндр с высотой и диаметром основания по 1 мкм.
  4. Определите коэффициент диффузии частицы золота, если при изучении броуновского движения этой частицы вдоль оси через каждые 2с определялись смещения, которые оказались равными (в мкм): 1, 2, 2, 3, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 3, 2, 1, 2, 3.
  5. Коэффициент диффузии сферической частицы равен  $2,1 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с, а радиус ее равен  $1,4 \cdot 10^{-8}$  м. Рассчитайте коэффициент вращательной диффузии.
  6. Вычислите гипсометрическую высоту золя золота (плотность золота равна  $19300$  кг/м<sup>3</sup>; радиус частиц равен  $4 \cdot 10^{-9}$  м) при 25°C.
  7. Вычислите величину среднего сдвига коллоидных частиц гидрозоля гидрата окиси железа при 293° за время 4 с, если радиус частиц  $10^{-8}$  м, вязкость воды  $10^{-3}$  Н с/м<sup>2</sup>.
  8. Найдите отношение величин среднего сдвига частиц с радиусами  $2 \cdot 10^{-9}$  м и  $2 \cdot 10^{-7}$  м.
  9. С какой скоростью будут оседать капли водяного тумана с радиусами частиц  $10^{-4}$  м,  $10^{-6}$  м? Вязкость воздуха  $1,8 \cdot 10^{-3}$  Н с/м<sup>2</sup>. Величиной плотности воздуха пренебречь.
  10. Сравните осмотическое давление золя с частицами радиуса порядка  $10^{-8}$  м с осмотическим давлением молекулярного раствора (радиус молекул имеет порядок  $10^{-10}$  м). Плотность золя равна плотности раствора.
  11. Рассчитайте величину осмотического давления золя сернистого мышьяка концентрации  $7$  кг/м<sup>3</sup>. Средний радиус частиц 10 нм, плотность золя  $2,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $T = 293$  К.
  12. Ниже приведены результаты изучения равновесного распределения частиц гидрозоля селена по высоте под действием силы тяжести (при 293 К):
- |                                  |     |     |      |      |
|----------------------------------|-----|-----|------|------|
| h, мкм                           | 50  | 850 | 1050 | 1250 |
| v, число частиц в единице объема | 595 | 271 | 165  | 90   |

Используя эти данные, рассчитайте коэффициент диффузии частиц селена в воде. Плотность селена примите равной  $4,81 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ , вязкость воды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$ .

13. Определите радиус частиц гидрозоля золота, если после установления диффузионно-седиментационного равновесия при  $293 \text{ К}$  на высоте  $8,56 \text{ см}$  концентрация частиц изменяется в «е» раз. Плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $1,0 \text{ г/см}^3$ .

14. Результаты экспериментов Сведберга по определению среднего сдвига частиц золя платины в разных средах при  $293 \text{ К}$  следующие:

	$\eta \cdot 10^4, \text{ Па с}$	$\tau, \text{ с}$	$\Delta, \text{ мкм}$
Ацетон	3,2	1,60	6,2
Вода	10,0	0,65	2,1
Пропиловый спирт	22,6	0,45	1,3

На основании этих данных определите дисперсность частиц золя, а также коэффициенты диффузии частиц в указанных средах.

15. Определите высоту, на которой после установления диффузионно-седиментационного равновесия концентрация частиц гидрозоля диоксида кремния уменьшится вдвое. Частицы золя сферические, дисперсность частиц  $0,2 \text{ нм}^{-1}$ . Плотность  $\text{SiO}_2$   $2,7 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура  $298 \text{ К}$ .

16. В опытах Вестгрена было получено следующее установившееся под действием силы тяжести распределение частиц гидрозоля золота по высоте:

$h, \text{ мкм}$	0	50	100	200	300	400
Число частиц в единице объема	1431	1053	779	408	254	148

Определите средний размер частиц гидрозоля, если плотность дисперсной фазы равна  $19,6 \text{ г/см}^3$ , температура  $292 \text{ К}$ .

17. Удельная поверхность сферических частиц гидрозоля кремнезема составляет  $1,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Плотность кремнезема  $2,7 \text{ г/см}^3$ , вязкость дисперсионной среды  $10^{-3} \text{ Па с}$ , температура  $293 \text{ К}$ . Определите проекцию среднего сдвига частиц золя за время  $4 \text{ с}$ .

18. По данным Сведберга, коэффициент диффузии коллоидных частиц золота в воде при  $298 \text{ К}$  равен  $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сут}$ . Определите дисперсность частиц гидрозоля золота. Вязкость воды при  $298 \text{ К}$  равна  $8,94 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$ .

19. Определите частичную концентрацию золя  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , исходя из следующих данных: массовая концентрация  $0,3 \text{ г/л}$ ; коэффициент диффузии сферических частиц золя  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сут}$ , плотность  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $4 \text{ г/см}^3$ ; вязкость среды  $10^{-3} \text{ Па с}$ , температура  $293 \text{ К}$ .

20. Для гидрозоля  $\text{Al}_2\text{O}_3$  рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшается в  $2,7$  раза. Форма частиц сферическая, удельная поверхность дисперсной фазы гидрозоля  $10^9 \text{ м}^{-1}$ . Плотность  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $4 \text{ г/см}^3$ ; плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура  $293 \text{ К}$ .

21. Осмотическое давление гидрозоля золота (форма частиц сферическая) с концентрацией  $2 \text{ г/л}$  при  $293 \text{ К}$  равно  $3,74 \text{ Па}$ . Рассчитайте коэффициент диффузии частиц гидрозоля при тех же условиях, если плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ , а вязкость дисперсионной среды  $10^{-3} \text{ Па с}$ .

22. Определите удельную поверхность порошка сульфата бария (в расчете на единицу массы), если частицы его оседают в водной среде на высоту  $0,226 \text{ м}$  за  $1350 \text{ с}$  (частицы имеют сферическую форму). Плотность сульфата бария и воды соответственно  $4,5$  и  $1 \text{ г/см}^3$ , вязкость воды  $10^{-3} \text{ Па с}$ .

23. Вычислите концентрацию частиц дыма на высоте  $1 \text{ м}$ , если на исходном уровне их концентрация была  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ . Средний радиус частиц  $10^{-8} \text{ м}$ ; плотность  $1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $T=290 \text{ К}$ ; плотностью воздуха можно пренебречь.

среды  $10^{-3}$  Па·с; плотность дисперсной фазы  $1600 \text{ кг/м}^3$ ; плотность дисперсионной среды  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; время центрифугирования 15 минут; максимальная высота оседания 5 см; максимальная масса выпавшего осадка (после полного оседания)  $40 \cdot 10^{-6}$  кг; расстояние от оси вращения центрифуги до плоскости наблюдения 12 см. Масса седиментационного осадка, полученного в пробирках с разной высотой столба суспензии (x), приведена в таблице:

$x \cdot 10^2$ , м.....	1	2	3	4	5
$m \cdot 10^6$ , кг .....	9,5	18,6	24,3	30,5	36,0

9. Постройте функции распределения частиц по размерам по экспериментальным данным седиментации в центробежном поле: частота вращения центрифуги 2800 об/мин; вязкость среды  $10^{-3}$  Па·с; плотность дисперсной фазы  $1600 \text{ кг/м}^3$ ; плотность дисперсионной среды  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; время центрифугирования 10 минут; максимальная высота оседания 6 см; максимальная масса выпавшего осадка (после полного оседания)  $48 \cdot 10^{-6}$  кг; расстояние от оси вращения центрифуги до плоскости наблюдения 14 см. Масса седиментационного осадка, полученного в пробирках с разной высотой столба суспензии (x), приведена в таблице:

$x \cdot 10^2$ , м.....	1	2	3	4	5	6
$m \cdot 10^6$ , кг .....	5,7	8,7	10,7	12,3	13,3	15,0

10. Постройте функции распределения частиц по размерам по экспериментальным данным седиментации в центробежном поле: частота вращения центрифуги 2000 об/мин; вязкость среды  $10^{-3}$  Па·с; плотность дисперсной фазы  $1900 \text{ кг/м}^3$ ; плотность дисперсионной среды  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; время центрифугирования 10 минут; максимальная высота оседания 6 см; максимальная масса выпавшего осадка (после полного оседания)  $48 \cdot 10^{-6}$  кг; расстояние от оси вращения центрифуги до плоскости наблюдения 15 см. Масса седиментационного осадка, полученного в пробирках с разной высотой столба суспензии (x), приведена в таблице.

$x \cdot 10^2$ , м.....	1	2	3	4	5	6
$m \cdot 10^6$ , кг .....	9,2	12,2	15,3	17,8	19,0	21,1

### Рейтинг-контроль № 3

1. Найдите параметры уравнения Дубинина-Радушкевича по изотерме адсорбции бензола на угле при  $T=298 \text{ К}$ .

$$V_m = 89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$$

P/Ps	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
A $10^3$ , моль/кг	24,0	28,3	31,0	36,0	46,0	55,0

Считать уголь микропористым адсорбентом.

2. Используя уравнение Дубинина-Радушкевича, рассчитайте предельный адсорбционный объем сажи по изотерме адсорбции:

P/Ps	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
A $10^3$ , моль/кг	3,7	4,8	7,1	14,1	18,7	21,0

Мольный объем адсорбата  $88,8 \text{ см}^3/\text{моль}$ .

3. Используя уравнение Дубинина-Радушкевича, рассчитайте объем пор угля по изотерме адсорбции этана:



P/Ps	0,003	0,004	0,005	0,008
A, моль/кг	2,37	2,53	2,63	2,77

Мольный объем этана  $64 \text{ см}^3/\text{моль}$ .

4. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров адсорбата при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma=72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ).

P/Ps	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,98
$a_{ад} 10^3$ , моль/кг	0,25	0,5	1,5	8,5	20,0	24,0	26,0
$a_{дес} 10^3$ , моль/кг	0,25	0,7	1,8	13,0	27,0	28,0	28,5

5. Рассчитайте удельную поверхность адсорбента по данным конденсации паров гептана при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=147 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma=22,0 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85
$a_{адс} 10^3$ , моль/кг	4,8	7,2	10,8	15,1	21,8	27,0
$a_{дес} 10^3$ , моль/кг	4,8	7,7	12,6	21,0	26,6	27,0

6. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров адсорбата при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma=72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,12	0,25	0,5	0,74	0,86	1,0
$a_{адс} 10^3$ , моль/кг	1,0	1,4	1,7	2,3	3,0	5,0
$a_{дес} 10^3$ , моль/кг	1,0	1,7	2,3	2,9	3,8	5,0

7. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров адсорбата при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma=72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$a_{\text{адс}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	2,86	4,29	5,85	7,4	8,7	10,0	11,0
$a_{\text{дес}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	3,38	5,2	8,58	10,0	10,8	11,0	11,44

8. Рассчитайте удельную поверхность адсорбента по данным конденсации паров воды при  $T=293\text{K}$  ( $V_m = 18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
$a_{\text{адс}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	7,0	9,0	11,5	14,0	22,5	26,5	30,0
$a_{\text{дес}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	7,0	10,3	13,5	16,5	25,0	27,6	30,0

9. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров адсорбата при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=40,6 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$a_{\text{адс}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	5,6	6,44	7,21	7,91	8,75	9,81	11,20
$a_{\text{дес}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	5,6	7,2	8,26	9,1	9,94	10,56	11,30

10. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=40,6 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/Ps	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$a_{\text{адс}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	24,0	28,3	31,0	36,0	46,0	55,0
$a_{\text{дес}} \cdot 10^3$ , МОЛЬ/КГ	24,0	32,0	37,0	44,0	50,0	55,0

11. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров адсорбата при  $T=293\text{K}$  ( $V_m=40,6 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/P <sub>s</sub>	0,125	0,250	0,5	0,62	0,75	0,86	1,0
a <sub>адс</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	2,5	3,5	4,8	6,3	13,0	19,0	22,5
a <sub>дес</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	2,5	3,9	5,2	6,7	17,5	21,0	22,5

12. Рассчитайте удельную поверхность силикагеля по данным конденсации паров воды при T=293K ( $V_m = 18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/P <sub>s</sub>	0,12	0,25	0,50	0,74	0,86	0,95
a <sub>адс</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	1,0	1,4	1,7	2,3	3,0	5,0
a <sub>дес</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	1,0	1,6	2,2	2,7	3,7	5,0

13. Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метанола при T=293K ( $V_m = 40,6 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/P <sub>s</sub>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
a <sub>адс</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	6,7	7,2	7,5	7,7	8,5	9,2	10,3
a <sub>дес</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	6,75	7,5	8,1	8,64	9,2	9,9	10,53

14. Рассчитайте удельную поверхность адсорбента по данным конденсации паров воды при T=293K ( $V_m = 18 \text{ см}^3/\text{моль}$ ,  $\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$ ):

P/P <sub>s</sub>	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	0,90	0,98
a <sub>адс</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	3,7	5,3	6,2	8,7	10,4	12,5	13,4
a <sub>дес</sub> 10 <sup>3</sup> , МОЛЬ/КГ	3,7	7,0	7,9	10,0	11,5	13,0	13,4

**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации (зачета):**

1. Нанотехнология. Наноматериалы. Иерархия структурных уровней материалов. Структурно-чувствительные характеристики наноструктурированных материалов. Основные факторы их определяющие.
2. Классификация наноматериалов по их размерности. Эволюция наносистем. Топохимическая память. Методы анализа наносистем и наноматериалов.

3. Вещество. Фаза. Кристаллическая структура. Дефекты в кристаллах. Их классификация. Равновесные дефекты. Уравнение зависимости концентрации равновесных дефектов от изменения энергии Гиббса и температуры.
4. Точечные, линейные, двумерные и трехмерные дефекты. Влияние дефектов на свойства наноматериалов.
5. Классификации материалов по составу, структуре, формам существования и функциональным свойствам.
6. Химическое равновесие. Стабильные, метастабильные и лабильные системы.
7. Термодинамический и кинетический контроль формирования метастабильных состояний. ТТТ- и ССТ- диаграммы.
8. Использование ТТТ- диаграмм при создании материалов с контролируемыми свойствами. ТТТ- диаграммы гелеобразующих систем.
9. Равновесные и неравновесные процессы. Неравновесные процессы в изолированных, закрытых и открытых системах.
10. Взаимодействия в сложных системах. Способы образования периодических структур. Общие принципы самосборки и самоорганизации.
11. Классификация методов получения наноматериалов по типу формирования наноструктур и способу получения и стабилизации наночастиц.
12. Химические методы синтеза наночастиц. Золь-гель метод. Синтез наночастиц оксидов и гидроксидов металлов.
13. Золь-гель метод. Синтез наночастиц оксидов и гидроксидов металлов методом гидролиза соответствующих алкоколятов. Механизм гидролиза.
14. Золь-гель метод. Синтез наночастиц оксидов и гидроксидов металлов сополиконденсацией соответствующих алкоколятов. Возможные механизмы реакции.
15. Физико-химические методы синтеза наночастиц. Гидротермальный и сольватотермальный синтез. Суть метода. Условия проведения процесса. Возможность получения частиц с контролируемой структурой.
16. Коллоидные нанореакторы. Мицеллы. Типы мицеллярных систем, образуемых молекулами ПАВ.
17. Коллоидные нанореакторы. Мицеллы. Структура мицелл, определенная из геометрических факторов. Нормальные и обращенные мицеллы.
18. Коллоидные нанореакторы. Мицеллы. Синтез в обращенных мицеллах.
19. Мицеллы и микроэмульсии. Химическое осаждение как один из методов синтеза наночастиц. Основные факторы, влияющие на протекание реакций.
20. Микро- и мини- эмульсии.
21. Синтез в миниэмульсиях. Получение гибридных материалов.
22. Синтез в полимеризованных мицеллярных структурах. Получение блок-сополимеров.
23. Мицеллы, бислои, везикулы.
24. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Принципиальная схема метода.
25. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Характер зависимости структуры пленки от степени сжатия и температуры.
26. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт.
27. Синтез в пленках Ленгмюра-Блоджетт. Методы нанесения пленок на твердую поверхность. Получение мультислоев. Мультислои X-, Z-, Y- типов.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

**Основная литература:**

1. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов. М.: ФЛИНТА, 2013, 165 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. М.: БИНОМ, 2015, 450 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
3. Мишина Е.Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. М.: БИНОМ, 2013, 192 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
4. Шабатина Т.И., Голубев А.М. Нанохимия и наноматериалы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, 168 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)

#### **Дополнительная литература:**

1. Сигова А.С. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям. М.: БИНОМ, 2011, 148 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 416 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
3. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. М.: БИНОМ, 2014, 368 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
4. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. М.: БИНОМ, 2014, 255 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
5. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: МГУ, 2007, 150 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
6. Озерянекий В.А. Познаем наномир: простые эксперименты. М.: БИНОМ, 2012, 112 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)
7. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. М.: Машиностроение, 2012, 280 с. (доступ через библиотеку ВлГУ)

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.**

1. <http://www.scirus.com/>
2. <http://www.ihtik.lib.ru/>
3. <http://www.y10k.ru/books/>
4. <http://www.iupac.org/>
5. <http://194.67.119.21:89/GetContentForm.asp>
6. <http://www.abc.chemistry.bsu.by/current/fulltext.htm>
7. <http://www.anchem.ru/literature/>
8. <http://www.sciencedirect.com>
9. <http://chemteq.ru/lib/book>
10. <http://www.chem.msu.su/rus>
11. <http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>
12. <http://www.elsevier.com/>
13. <http://www.uspkhim.ru/>
14. <http://www.strf.ru/database.aspx>

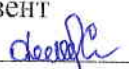
## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

При чтении лекционного курса используется информация, представленная на слайдах. Задания для проведения контрольных работ используются, в том числе, в электронном варианте.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составил  к.х.н. доцент Смирнова Н.Н.

Рецензент  к.х.н. ст.н.с. лаборатории химического анализа ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» Большаков Д.С.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии

Протокол № 7 от 06.04. 2015 года

Заведующий кафедрой  /Кухтин Б.А./

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Протокол № 11 от 07.04. 2015 года

Председатель комиссии  /Аракелян С.М./

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян

Рабочая программа одобрена на 2018-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян