

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ХТИ

Р.Н. Ястребинский
« » « » 2021г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Физико-химические основы нанотехнологии

направление подготовки (специальность):

28.03.02 – Нанонинженерия

Направленность программы (профиль, специализация):

Безопасность систем и технологий нанонинженерии

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

Очная

Институт: химико-технологический

Кафедра: теоретической и прикладной химии

Белгород 2021

Программа дисциплины составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Нанотехнологии, утвержденным приказом № 923 Министерства образования и науки Российской Федерации 19 февраля 2017 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составители: канд. техн. наук  (А.И. Городов)
(учетная страница и личное, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.И. Павленко)
(учетная страница и личное, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:
безопасности жизнедеятельности

Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  (А.Н. Ломанов)
(подпись)

« 14 » 05 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель:  (Л.А. Порожнюк)
(учетная страница и личное, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Использует математический аппарат, для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Знания: основных терминов, законов, принципов нанотехнологии, методов получения наносистем и наночастиц, физико-химических свойств наносистем различных типов; физико-химических процессов, лежащих в основе различных методов нанотехнологии; методов теоретического исследования. Умения: применять методы математического анализа для получения определенных свойств наноматериалов; использовать основы теоретического исследования для подбора методов синтеза наносистем с заданными характеристиками; применять основные законы естественнонаучных дисциплин и физико-химические свойства наносистем для решения прикладных задач. Навыки: навыками выбора корректного метода математического расчета физико-химических свойств наночастиц, методами оценки применимости различных нанообъектов в различных технологических процессах

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Математика
2	Физика
3	Химия
4	Ноксология
5	Инженерная графика
6	Гидрогазодинамика
7	Теплофизика
8	Электроника и электротехника
9	Введение в наноинженерию
10	Физико-химические основы нанотехнологии
11	Физическая химия дисперсных систем и поверхностных явлений
12	Технология наноразмерных материалов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации экзамен

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	50	50
лекции	27	27
лабораторные	-	-
практические	18	18
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	94	94
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	40	40
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
1. История развития нанотехнологий. Получение наносистем. Свойства наночастиц					
	Этапы развития нанотехнологий. Классификация наносистем. Физические и химические методы получения наносистем. Молекулярно-кинетические свойства наночастиц. Структура наночастиц. Оптические свойства наночастиц. Магнитные, термические свойства наночастиц. Механические свойства наноматериалов. Каталитические свойства наносистем.	9	9		15
2. Физико-химические свойства наносистем					
	Одномерные наносистемы. Методы получения одномерных систем. Двумерные наносистемы. Особенности адсорбции в мезопористых системах. Особенности адсорбции в микропористых системах. Получение активных углей. Получение силикагелей, пористых металлов. Получение и свойства углеродных нанотрубок. Неуглеродные нанотрубки. Трехмерные наносистемы. Гомогенное образование. Гетерогенное образование нанокластеров. Скорость образования. Фуллерены. Строение фуллеренов. Синтез фуллеренов. Комплексы фуллеренов. Физические и химические свойства фуллеренов. Мицеллярные системы ПАВ. Микроэмульсии.	9	9		15
3. Физико-химические основы получения наносистем.					
	Фазовая инверсия полимерных систем. Сухое формование. Мокрое формование. Термический процесс образования полимерных наносистем. Основы синтеза наночастиц и наносистем с неорганическими прекурсорами. Синтез при конденсации паров. Основы плазмохимического синтеза. Кластеры на основе титана. Основы синтеза наночастиц осаждением из коллоидных растворов. Металлические наночастицы.	9			10
	Итого	27	18		40

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 8				
1	История развития нанотехнологий. Получение наносистем. Свойства наночастиц	1. Определение удельной поверхности наночастиц. 2. Определение коэффициента диффузии наночастиц. 3. Расчет среднего радиуса наночастиц. 4. Расчет среднего квадратичного смещения наночастиц. 5. Оценка применимости уравнения Бугера-Ламберта-Бера	9	10
2	Физико-химические свойства наносистем	1. Построение интегральной и дифференциальной кривых распределения по радиусам. 2. Вычисление предельного адсорбционного объема. 3. Оценка размеров зародышей кластеров. 4. Расчет работы и скорости образования зародышей новой фазы.	9	10
ВСЕГО:			18	20

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Каждый студент выполняет одно расчетно-графическое задание, которое состоит из двух разделов, каждое по соответствующим темам.

Тема 1. Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц.

Тема 2. Физико-химические свойства основных типов наносистем.

Целью РГЗ является закрепление теоретического материала, развитие навыков самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой, навыков самостоятельного ведения расчетов. Кроме того, расчетно-графическое

задание выдается с целью организации самостоятельной работы студентов и контроля за ее выполнением.

Задания выполняются письменно и защищаются в беседе с преподавателем.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Пример задания по теме «Общая характеристика физических и химических свойств наночастиц»

Задача 1. В ходе эксперимента была получена зависимость потенциала ячейки E , состоящей из мембраны и дисперсионной среды, от давления P (табл.4.1), и определена электропроводность мембраны, когда в ячейке находится стандартный раствор KCl (W_{KCl}), и электропроводность мембраны, когда в ячейке находится дисперсионная среда (W). Вычислите величину ζ - потенциала наночастиц. Зависимость удельной электропроводности раствора KCl (κ_{KCl}) и коэффициента A (единицы измерения коэффициента A для простоты опущены) возьмите из справочника.

Таблица 4.1

Экспериментальные данные для расчета ζ -потенциала

P , Па	E , мВ						
0,00	33,2	29,2	30,1	31,1	29,5	31,5	28,2
0,30	35,0	31,2	32,3	33,3	32,2	34,1	30,0
0,46	35,7	32,1	33,2	34,1	33,4	35,2	32,1
0,62	36,6	33,2	34,2	35,2	35,7	36,5	33,6
0,81	38,5	34,1	35,2	36,2	36,0	37,7	34,7
0,93	39,4	35,2	36,1	37,1	37,4	39,0	36,2
C , %	0,0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
W_{KCl} , мкСм	1551	1635	1487	1290	1342	1523	1648
W , мкСм	242	270	291	301	263	342	348
t , °C	19	19	19	21	20	21	21

Задача 2. Известно, что гидрозо́ль содержит сферические частицы, причем 60% массы приходится на частицы, имеющие радиус 110 нм, а масса остальных – на частицы с радиусом 40 нм. Рассчитайте удельную поверхность частицы дисперсной фазы.

Задача 3. Чему равен коэффициент диффузии красителя в водном растворе, если известно, что при градиенте концентрации $0,4 \text{ кг/м}^4$ за 2 ч через $22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ проходит $5,8 \cdot 10^{-7} \text{ г}$ вещества.

Задача 4. Вычислите радиус частиц зо́ля иодида серебра, если известно, что коэффициент диффузии равен $1,4 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, вязкость среды $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, температура 298 К.

Задача 5. Радиус частиц аэрозо́ля равен 10^{-8} м , вязкость дисперсионной среды $2,1 \cdot 10^{-7} \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$. Рассчитайте среднее квадратичное смещение аэрозольной частицы за 13 с при температуре 298 К.

Задача 6. В результате светорассеяния поток света с длиной волны $\lambda = 528 \text{ нм}$, проходя через эмульсию CCl_4 в воде с толщиной слоя $l = 4 \text{ см}$, ослабляется в два раза. Определите коэффициент мутности и рассчитайте радиус частиц дисперсной фазы, если ее

объемное содержание $C_v = 0,7 \%$, показатель преломления CCl_4 $n_1 = 1,460$, воды $n_0 = 1,333$. Свет рассеивается в соответствии с уравнением Рэлея и ослабляется по закону Бугера-Ламберта-Бэра. Расстояние от рассеиваемой системы до приемника излучения $R = 1$ м, а угол между падающим и рассеянным излучением $\theta = 90^\circ$.

Задача 7. Определите средний радиус сферических частиц гидрозоля золота, если известно, что при исследовании гидрозоля методом поточной ультрамикроскопии в объеме $V = 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$ подсчитано 70 частиц. Весовая концентрация золя $C = 8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$, плотность $\rho = 17,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Задача 8. Рассчитайте и сравните время оседания и скорость оседания сферических частиц в гравитационном и центробежном полях при следующих условиях: радиус частиц $r = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, плотность дисперсной фазы $\rho = 3,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность дисперсионной среды $\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, вязкость $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, высота оседания $h_1 = 0,1 \text{ м}$, центробежное ускорение $\omega^2 h = 200g$.

Задача 9. Пользуясь данными седиментационного анализа частиц мела с наномодифицирующей добавкой в гравитационном поле (табл. 4.2), рассчитайте интегральную и дифференциальную функцию распределения частиц по радиусам, постройте графики зависимости $F_{\text{инт}} = f(r)$ и $F_{\text{диф}} = f(r)$ и определите наиболее вероятный радиус частиц r_v . Высота столба суспензии равна 0,09 м, площадь чашечки $6,52 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, плотности частиц и среды равны соответственно 2300 и 1000 кг/м^3 , концентрация твердых частиц $C = 10 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 4.2

Зависимость массы осадка от времени оседания

№	t , мин	m , мг	№	t , мин	m , мг	№	t , мин	m , мг
1	0,25	194,0	11	13,0	251,0	21	100,0	371,5
2	0,50	196,0	12	15,0	257,0	22	120,0	384,0
3	1,00	204,0	13	19,0	269,0	23	240,0	425,0
4	2,00	209,0	14	23,0	279,5	24	330,0	442,0
5	3,00	212,0	15	27,0	287,0	25	410,0	455,0
6	4,00	217,0	16	30,0	295,0	26	1345,0	496,0
7	5,00	221,0	17	40,0	311,0	27	1480,0	496,5
8	6,00	224,0	18	50,0	326,0	28	1700,0	497,0
9	8,00	235,0	19	60,0	337,0	29	2895,0	500,0
10	10,00	240,0	20	80,0	356,0	30	2925,0	500,0

Задача 10. Определите центробежное ускорение, которое должна иметь центрифуга, чтобы вызвать оседание частиц радиусом $r = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ и плотностью $\rho = 5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ в среде с плотностью $\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и вязкостью $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ при $T = 300\text{K}$?

Задача 11. Время оседания частиц золя AgCl в воде в центрифуге составило 13 мин при следующих условиях: исходный уровень $h_1 = 0,08 \text{ м}$, конечный уровень $h_2 = 0,13 \text{ м}$, плотность дисперсной фазы $\rho = 4,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность дисперсионной среды $\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Частота вращения центрифуги $n = 1000 \text{ об/мин}$, вязкость $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Рассчитайте радиус частиц золя.

Задача 12. Известны экспериментальные данные седиментации частиц пигмента конго красного в центробежном поле: частота вращения центрифуги $n = 2000 \text{ об/мин}$, вязкость $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, плотность дисперсной фазы $\rho = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность дисперсионной среды

$\rho_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, время центрифугирования $t = 180 \text{ с}$, максимальная высота $H_{\text{max}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, максимальная масса выпавшего осадка (после полного оседания) $m_{\text{max}} = 63 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$, расстояние от оси вращения центрифуги до плоскости наблюдения $h_2 = 14 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. Масса седиментационного осадка m , полученного в пробирках с разной высотой столба суспензии H , а также изменение уровня h_1 приведены в табл. 4.3. Постройте седиментационные кривые пигмента.

Таблица 4.3.

Экспериментальные данные

$H \cdot 10^2, \text{ м}$	0,5	0,7	1	2	3	4	5	6
$h_1 \cdot 10^2, \text{ м}$	13,8	13,5	13,0	12,0	11,0	10,0	9,0	8,0
$m \cdot 10^6, \text{ кг}$	5,2	6,9	8,7	12,6	15,6	18,4	20,6	23,4

Пример задания по теме «Физико-химические свойства основных типов наносистем»

Задача 1. Постройте изотерму адсорбции наночастиц на частицах мела и определите значение предельной адсорбции, если известны данные оптической плотности D растворов с различной концентрацией наномодификатора (табл. 4.4). В меловые суспензии с соотношением вода/мел = 0,5 добавляли различное количество добавки m (табл. 4.5). После достижения адсорбционного равновесия центрифугированием отделяли жидкую фазу, разбавляли водой при необходимости (n) и измеряли оптическую плотность D_2 . Масса воды в суспензии равна 30 г.

Таблица 4.4

Зависимость оптической плотности раствора от концентрации добавки

$C, \%$	0,000	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
D	0,000	0,191	0,285	0,382	0,470	0,575

Таблица 4.5

Экспериментальные данные для расчета адсорбции

$m, \text{ г}$	0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
D_2	0,000	0,024	0,075	0,106	0,162	0,125	0,051
n	-	-	-	-	-	2	10

Задача 2. В ходе эксперимента получены данные адсорбции паров воды при $T = 293 \text{ К}$ (табл. 4.6). Постройте интегральную и дифференциальную кривые распределения пор по радиусам, если $V_m = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$; $\sigma = 0,0725 \text{ Дж/м}^2$.

Таблица 4.6

Экспериментальные данные адсорбции

p/p_s	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,98
$A_{\text{адс}} \cdot 10^3, \text{ моль/кг}$	0,5	3,75	5,3	6,2	8,75	10,4	12,5	13,4
$A_{\text{дес}} \cdot 10^3, \text{ моль/кг}$	0,5	3,75	7,0	7,9	10,0	11,5	13,0	13,4

Задача 3. Пользуясь данными адсорбции бензола на активированном угле, представленными в табл. 4.7, вычислите предельный адсорбционный объём

активированного угля, если известно, что молярный объём бензола равен $72 \text{ см}^3/\text{моль}$.

Таблица 4.7

Экспериментальные данные

p/p_s	A , моль/кг	p/p_s	A , моль/кг
$1,33 \cdot 10^{-6}$	0,50	$3,77 \cdot 10^{-2}$	2,39
$2,13 \cdot 10^{-5}$	0,85	$9,47 \cdot 10^{-2}$	2,56
$1,21 \cdot 10^{-4}$	1,18	$20,1 \cdot 10^{-2}$	2,74
$5,60 \cdot 10^{-4}$	1,55	0,327	2,86
$1,63 \cdot 10^{-2}$	2,25	0,460	3,00

Задача 4. Образование зародышей критического размера кластеров воды и ртути происходит при температуре 23°C и давлении 4500 Па. Поверхностное натяжение воды и ртути при заданной температуре равно $72,5 \text{ мДж/м}^2$ и $470,9 \text{ мДж/м}^2$ соответственно; плотность воды и ртути $0,998 \text{ г/см}^3$ и $13,546 \text{ г/см}^3$ соответственно, давление насыщенных паров воды и ртути 2336,8 Па и $162,66 \cdot 10^{-3}$ Па соответственно. Оцените размеры зародышей критического размера кластеров воды и ртути и определите, какие из них образуются с большей термодинамической вероятностью при данных условиях. Сравните скорости образования зародышей воды и ртути.

Задача 5. При температуре 25°C краевые углы смачивания водой поверхности тефлона и полипропилена соответственно равны 120° и 97° . Определите, в каком случае работа образования зародышей жидкой фазы из паров воды при температуре 25°C больше?

Задача 6. Графически определите константы в уравнении Ленгмюра, с помощью которых постройте изотерму Ленгмюра, если при адсорбции углекислого газа на активированном угле были получены следующие данные (табл. 4.8):

Таблица 4.8

Экспериментальные данные

$p \cdot 10^{-3}$, Н/м	7,9	45,7	94,8	192
$A \cdot 10^3$, кг/кг	32,0	70,0	91,0	102,0

Задача 7. Вычислите константы уравнения БЭТ, с помощью которых рассчитайте удельную поверхность адсорбента, если известны экспериментальные данные адсорбции азота на TiO_2 (рутиле) при 75 К (табл. 4.9), и площадь, занимаемая одной молекулой азота $S_0 = 0,16 \text{ нм}^2$.

Таблица 4.9

Экспериментальные данные

p/p_s	0,078	0,149	0,217	0,279	0,348
A , моль/кг	0,267	0,417	0,467	0,512	0,567

Задача 8. Вычислите величину предельной адсорбции и постоянную B уравнения Шишковского, если при адсорбционном насыщении площадь, занимаемая одной молекулой изобутилового спирта при 293 К равна $3,51 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	Защита расчетно-графического задания, разноуровневые задачи, тест, собеседование, экзамен.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для дифференцированного зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	История развития нанотехнологий. Получение наносистем. Свойства наночастиц (ОПК 1)	1. Классификация наносистем. Методы получения. Механическое диспергирование. 2. Классификация наносистем. Методы получения. Электрохимический синтез. 3. Классификация наносистем. Методы получения. Термическое разложение. 4. Классификация наносистем. Методы получения. Механосинтез. 5. Классификация наносистем. Методы получения. Детонационный синтез. 6. Методы получения наносистем. Газофазный синтез. 7. Методы получения наносистем. Плазмохимический синтез. 8. Методы получения наносистем. Диспергирование расплава газовой струей. 9. Методы получения наносистем. Метод молекулярных пучков. 10. Электронное строение наночастиц. Электропроводность. 11. Структура наночастиц. Неорганические нанокристаллы. 12. Структура наночастиц. Полимерные нанокристаллы. 13. Оптические свойства наночастиц. 14. Магнитные свойства наночастиц. 15. Термические свойства наночастиц. 16. Механические свойства наноматериалов. 17. Каталитические свойства наносистем.

2	Физико-химические свойства наносистем (ОПК 1)	18. Одномерные наносистемы. Термодинамика образования поверхностных пленок. 19. Одномерные наносистемы. Реальные и идеальные поверхностные пленки. Газовые, растянутые, твердые поверхностные пленки. 20. Одномерные наносистемы. Метод получения пленок Ленгмюра-Блоджетт. 21. Одномерные наносистемы. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. 22. Одномерные наносистемы. Метод молекулярного напыления. 23. Двумерные наносистемы. Особенности адсорбции в мезопористых системах. 24. Двумерные наносистемы. Особенности адсорбции в микропористых системах. 25. Получение активных углей. 26. Получение силикагелей. 27. Получение пористых металлов. 28. Углеродные нанотрубки. Методы получения. 29. Свойства и применение углеродных нанотрубок. 30. Получение и свойства неуглеродных нанотрубок. 31. Трехмерные наносистемы. Гомогенное образование нанокластеров. 32. Трехмерные наносистемы. Гетерогенное образование нанокластеров. 33. Трехмерные наносистемы. Скорость образования нанокластеров. 34. Фуллерены. Строение фуллеренов. 35. Синтез фуллеренов. Эндоздральные комплексы фуллеренов. 36. Физические и химические свойства фуллеренов.
3	Физико-химические основы получения наносистем (ОПК 1)	38. Фазовая инверсия полимерных систем. Сухое формование. 39. Фазовая инверсия полимерных систем. Мокрое формование. 40. Фазовая инверсия полимерных систем. Термический процесс формирования полимерных систем. 41. Синтез наночастиц и наносистем на основе неорганических веществ. Синтез при конденсации паров. 42. Синтез наночастиц и наносистем на основе неорганических веществ. Синтез кластеров на основе титана. 43. Синтез наночастиц и наносистем на основе неорганических веществ. Синтез наночастиц осаждением из коллоидных растворов.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Курсовые работы и курсовые проекты при изучении дисциплины не предусмотрены учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме собеседования; выполнения и защиты расчетно-графического задания, тестирования.

Собеседование проводят на каждом практическом занятии, с целью закрепления материала, контроля полученных знаний и выявления слабых мест в усвоении и понимании материала.

Типовые задания для защиты РГЗ

1. Чем определяется диапазон измерений наночастиц и наноструктур, которые используются в нанотехнологиях?
2. Назовите частицы, относящиеся к одно- двух- и трехмерным нанообъектам.
3. Что означают термины, используемые для способов получения наночастиц: подходы «сверху» и «снизу»? Чем отличаются образующиеся при этом структуры?
4. Что такое аттритор и симолойер?
5. Какая степень измельчения веществ достигается в современных устройствах для диспергирования материалов?
6. Каковы достоинства и недостатки диспергационных методов?
7. Поясните принцип метода диспергирования потоком жидкости или газа.
8. В чем заключается способ получения наночастиц методом молекулярных пучков? Каковы достоинства и недостатки способа?
9. Изобразите принципиальную схему метода газофазного синтеза металлических наночастиц.
10. Какие материалы получают при детонационном синтезе?
11. Какие кристаллические структуры являются наиболее устойчивыми для неорганических нанокристаллов?
12. Каким образом устроены полимерные кристаллы? Каковы причины их возникновения?
13. Какая зависимость существует между размерами ферромагнитных наночастиц и коэрцитивной силой?
14. Что такое нанокристаллический сплав, каковы его магнитные свойства?
15. Для каких наносистем наблюдается явление гигантского магнетосопротивления?
16. Что такое сверхпластичность? Для каких материалов она наблюдается?
17. Каким образом зависит температура плавления наночастиц от их размеров? Чем это можно объяснить?
18. Сформулируйте основные положения мультиплетной теории катализа.
19. Что называется областью миграции согласно теории активных ансамблей?
20. Поясните сущность электронного и геометрического эффектов в катализе наночастицами.
21. Каким образом пористость катализатора может влиять на его селективность?

Типовые тестовые задания (ОПК 1)

1. Укажите правильный порядок возрастания размеров частиц:
а) 1 А, 1 мм, 1 мкм, 1 нм;
б) 1 нм, 1 А, 1 мкм, 1 мм;
в) 1 А, 1 нм, 1 мкм, 1 мм;
г) 1 мкм, 1 А, 1 нм, 1 мм.
2. По размерности нанотрубки можно отнести к нанообъектам:
а) одномерным;
б) двумерным;
в) трехмерным;
г) нульмерным.
3. При получении наночастиц методом диспергирования возможно:
а) сохранение структуры исходного материала;

- б) образование частиц с новым химическим составом;
- в) образование сплавов;
- г) образование частиц с размерами менее 1 А.

4. В методе молекулярных пучков вещество испаряют в:

- а) воздушное пространство;
- б) вакуум;
- в) атмосферу инертного газа под большим давлением;
- г) атмосферу разреженного инертного газа.

5. При газофазном синтезе в качестве несущего газа используют:

- а) кислород;
- б) аргон;
- в) гелий;
- г) углекислый газ.

6. Нанокристаллический порошок алмаза можно получить:

- а) методом диспергирования;
- б) методом молекулярных пучков;
- в) детонационным синтезом;
- г) криохимическим способом.

7. Электрохимический синтез — это:

- а) электролиз под действием постоянного тока;
- б) электролиз под действием переменного тока;
- в) синтез, протекающий в гальваническом элементе;
- г) синтез под действием электрического разряда.

8. В плазмохимическом синтезе используют:

- а) высокотемпературную плазму с $T = 1\ 000\ 000\ \text{K}$;
- б) низкотемпературную плазму с $T = 4000\text{--}8000\ \text{K}$;
- в) электромагнитное высокочастотное поле;
- г) источник переменного тока.

9. Недостатками метода термического разложения являются:

- а) получение смесей металлов и их оксидов;
- б) получение частиц с широким распределением по размерам;
- в) использование тугоплавких исходных соединений;
- г) невозможность получения металлических пленок.

10. При механохимическом синтезе используют:

- а) охлаждение исходного материала до низких температур;
- б) плазменный нагрев;
- в) мельницы сверхтонкого измельчения;
- г) взрывчатые вещества.

11. Атритор — это:

- а) нанопористый материал, применяемый как адсорбент;
- б) устройство для получения наночастиц в методе молекулярных пучков;
- в) зонд для сканирования поверхности в атомно-силовом микроскопе;
- г) аппарат для измельчения материалов до наноразмеров.

12. Термин «нано» означает:

- а) одну миллионную часть вещества;
- б) одну триллионную часть вещества;
- в) одну миллиардную часть вещества;
- г) одну сотысячную часть вещества.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по практике	Критерий оценивания
Знания (ОПК 1)	Знание основных терминов, законов, принципов нанотехнологии, методов получения наносистем и наночастиц. Знание физико-химических свойств наносистем различных типов; физико-химических процессов, лежащих в основе различных методов нанотехнологии. Объем освоенного материала Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения (ОПК 1)	Применять методы математического анализа для получения определенных свойств наноматериалов. Использовать основы теоретического исследования для подбора методов синтеза наносистем с заданными характеристиками; применять основные законы естественнонаучных дисциплин. Анализировать физико-химические свойства наносистем и применять их для решения прикладных задач.
Навыки (ОПК 1)	Владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц, методами оценки применимости различных нанообъектов в различных технологических процессах

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных терминов, законов, принципов нанотехнологии, методов получения наносистем и наночастиц.	Не знает термины, основные законы, принципы на нотехнологии. Не может назвать основные методы получения наносистем и наночастиц.	Знает некоторые термины, законы, принципы на нотехнологии. Перечисляет некоторые методы получения наносистем и наночастиц, затрудняется привести их	Знает основные термины законы, принципы на нотехнологии, методы получения наносистем и наночастиц, но допускает незначительные ошибки или неточности формулировок	Знает термины законы, принципы на нотехнологии, методы получения наносистем и наночастиц. Может корректно охарактеризовать их самостоятельно.

		характеристику.		
Знание физико-химических свойств наносистем различных типов; физико-химических процессов, лежащих в основе различных методов нанотехнологии и	Не знает основные физико-химические свойства наносистем различных типов; Полное отсутствие понимания физико-химических процессов, лежащих в основе различных методов нанотехнологии	Знает некоторые физико-химические свойства наносистем различных типов; Есть некоторое понимание физико-химических процессов, лежащих в основе различных методов нанотехнологии	Знает основные физико-химические свойства наносистем различных типов, но допускает неточности. Понимает физико-химических процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.	Твердо знает основные физико-химические свойства наносистем различных типов. С полным пониманием может охарактеризовать физико-химических процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5

Умение применять методы математического анализа	Не умеет применять методы математического анализа	Умеет применять методы математического анализа, но допускает ошибки при расчетах	Неуверенно применяет методы математического анализа	Грамотно умеет применять методы математического анализа, выполняет расчеты точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
Умение применять законы естественнонаучных дисциплин	Не справляется с простейшими задачами, вопросами	Допускает небольшие ошибки при выполнении простейших задач	Грамотно и без ошибок справляется с простейшими задачами, вопросами, но затрудняется при выполнении сложных задач	Грамотно и без ошибок справляется как с простейшими задачами, так и с задачами повышенной сложности, владеет дополнительными знаниями
Умение анализировать физико-химические свойства наносистем и применять их для решения прикладных задач.	Не может анализировать физико-химические свойства наносистем и применять их для решения прикладных задач.	Допускает неточности при анализе физико-химических свойств наносистем. При помощи преподавателя находит их применение для решения прикладных задач.	Допуская незначительные ошибки умеет анализировать физико-химические свойства наносистем и применять их для решения прикладных задач.	Грамотно и аргументировано проводит анализ физико-химических свойств наносистем. Сравнивает, сопоставляет, обобщает полученные результаты, делает правильные выводы по их применению для решения прикладных задач.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц	Не владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц	Не достаточно владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц	Достаточно владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц, но допускает незначительные ошибки	Полноценно владеет методами математического расчета физико-химических свойств наночастиц
Владеет методами оценки применимости нанобъектов в различных технологических процессах	Не владеет методами оценки применимости нанобъектов в различных технологических процессах	Не достаточно владеет методами оценки применимости нанобъектов в различных технологических процессах	Достаточно владеет методами оценки применимости нанобъектов в различных технологических процессах, но допускает незначительные ошибки	Полноценно владеет методами оценки применимости нанобъектов в различных технологических процессах

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель, персональный компьютер, подключенный к сети «Интернет», мультимедийный проектор, экран или доска магнитно-меловая.
2.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3.	Методический кабинет	Специализированная мебель; ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Оразымбетова А.Б. Коллоидно-химические основы нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Оразымбетова А.Б., Мусабеков К.Б.— Электрон. текстовые данные. – Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. – 112 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58674>
2. Тарасова, Н.В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий»/ Тарасова Н.В. – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. – 25 с. –Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57620>
3. Тарасова, Н.В. Дисперсные системы. Дисперсионный анализ полидисперсных систем [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Тарасова Н.В. – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. – 25 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57594>
4. Тарасова Н.В. Поверхностные явления. Адсорбция [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Тарасова Н.В. – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. – 33 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57608>.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Министерство науки и высшего образования РФ: <http://minobrnauki.gov.ru>
2. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru>
3. Сайт НТБ БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://ntb.bstu.ru>
4. Электронно-библиотечная система «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru>
5. Электронная библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
7. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (Библиоклуб.ру): <http://biblioclub.ru/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями по п. 6.3 утверждена на 2020/2021 учебный год.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Оразымбетова А.Б. Коллоидно-химические основы нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Оразымбетова А.Б., Мусабеков К.Б. — Электрон. текстовые данные. — Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. — 112 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58674>
2. Тарасова, Н.В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Тарасова Н.В. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57620>
3. Тарасова, Н.В. Дисперсные системы. Дисперсионный анализ полидисперсных систем [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Тарасова Н.В. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57594>
4. Тарасова Н.В. Поверхностные явления. Адсорбция [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Тарасова Н.В. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 33 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57608>
5. Слюсарь О.А. Физико-химические основы нанотехнологии [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графического задания для студентов дневной формы обучения направления 28.03.02 – Нанонинженерия / О.А. Слюсарь – Электрон. текстовые данные – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. — 68с. — Режим доступа: <https://elibr.bstu.ru/Reader/Book/2020052516114724300000653224>

Протокол № 9 заседания кафедры от «14» 05 2020 г.

Заведующий кафедрой  В.И. Павленко
подпись, ФИО

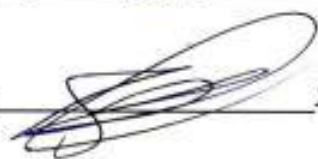
Директор института  В.И. Павленко
подпись, ФИО

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2021/2022 учебный год без изменений

Протокол № 10 заседания кафедры от «27» 05 2021 г.

Заведующий кафедрой  Павленко В.И.

Директор института  Ястребинский Р.Н.