

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



« 15 » 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Физико-химические основы нанотехнологии

направление подготовки (специальность):

28.03.02 – Наноинженерия

Направленность программы (профиль, специализация):

Безопасность систем и технологий наноинженерии

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

Очная


Институт **Химико-технологический**

Кафедра **теоретической и прикладной химии**

Белгород 2019


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки – 28.03.02 Наноинженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 923 от 19.09.2017;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2019 году.


Составитель (составители): к.т.н., доц  (О.А. Слюсарь)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 22 » 05 2019г., протокол № 13

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.И. Павленко)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Безопасность жизнедеятельность

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (А.Н. Лопанов)

« 23 » 05 2019г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 06 2019г., протокол № 10

Председатель к.т.н.  (Л.А. Порожнюк)

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 |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности</p> | <p>ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p> | <p>ОПК-1.1. Использует математический аппарат, для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.</p> | <p>Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин; методы получения наносистем и наночастиц, физико-химические свойства наносистем различных типов; физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии; методы теоретического исследования.</p> <p>Уметь: 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.</p> <p>Владеть: навыками выбора корректного метода математического анализа и моделирования, оптимального метода получения наносистем, теоретического метода исследования нанообъектов.</p> |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов</p> | <p>ПКВ-1. Использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний безопасности инновационной продукции nanoиндустрии</p> | <p>ПКВ-1.1. Знать классы материалов и наноматериалов, области их применения</p> | <p>Знать: классификацию наносистем; основные методы расчета свойств наночастиц; особенности строения наноструктурированных материалов; Уметь: анализировать и применять основные методы оценки свойств наносистем; прогнозировать процессы образования и поведения наносистем с целью оценки степени безопасности использования данных систем в технологии наноматериалов; анализировать возможность применения наноматериалов в определенной области профессиональной деятельности Владеть: методами расчета физико-химических свойств наночастиц; методами определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах; методами оценки применимости различных нанообъектов в технологии</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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 | Основы научных исследований |
| 13 | Безопасная технология дисперсных систем и наноразмерных функциональных объектов |

2. Компетенция ПКВ-1. Использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний безопасности инновационной продукции nanoиндустрии

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины |
|--------|-----------------------------------------|
| 1 | Введение в наноинженерию |
| 2 | Методы диагностики в нанотехнологиях |
| 3 | Физико-химические основы нанотехнологии |
| 4 | Технология наноразмерных материалов |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 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.: | 55 | 55 |
| лекции | 30 | 30 |
| лабораторные | | |
| практические | 20 | 20 |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации | 5 | 5 |
| Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе: | 89 | 89 |
| Курсовой проект | | |
| Курсовая работа | | |
| Расчетно-графическое задание | 18 | 18 |
| Индивидуальное домашнее задание | | |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 35 | 35 |
| 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. 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. | 10 | 10 | | 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. | 10 | 10 | | 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. | 10 | - | | 5 |
| | ВСЕГО | 30 | 20 | | 35 |

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 | 10 | 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. | 10 | 10 |
| | | | ВСЕГО: | 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 аудитории 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 гидрозоль 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 $5,8 \cdot 10^{-7}$ г вещества.

Задача 4. Вычислите радиус частиц золя 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 аэрозоля 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 $2336,8 \text{ Па}$ и $162,66 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ 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 общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| ОПК-1.1. Использует математический аппарат, для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности. | Экзамен, защита РГЗ, собеседование |

1 Компетенция ПКВ-1. Использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний безопасности инновационной продукции наноиндустрии.

| Наименование индикатора достижения компетенции | Используемые средства оценивания |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| ПКВ-1.1. Знать классы материалов и наноматериалов, области их применения | Экзамен, защита РГЗ, собеседование |

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | История развития нанотехнологий. Получение наносистем. Свойства наночастиц | 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. |

| | | |
|---|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>7. Методы получения наносистем. Плазмохимический синтез.</p> <p>8. Методы получения наносистем. Диспергирование расплава газовой струей.</p> <p>9. Методы получения наносистем. Метод молекулярных пучков.</p> <p>10. Электронное строение наночастиц. Электропроводность.</p> <p>11. Структура наночастиц. Неорганические нанокристаллы.</p> <p>12. Структура наночастиц. Полимерные нанокристаллы.</p> <p>13. Оптические свойства наночастиц.</p> <p>14. Магнитные свойства наночастиц.</p> <p>15. Термические свойства наночастиц.</p> <p>16. Механические свойства наноматериалов.</p> <p>17. Каталитические свойства наносистем.</p> |
| 2 | Физико-химические свойства наносистем | <p>18. Одномерные наносистемы. Термодинамика образования поверхностных пленок.</p> <p>19. Одномерные наносистемы. Реальные и идеальные поверхностные пленки. Газовые, растянутые, твердые поверхностные пленки.</p> <p>20. Одномерные наносистемы. Метод получения пленок Ленгмюра-Блоджетт.</p> <p>21. Одномерные наносистемы. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии.</p> <p>22. Одномерные наносистемы. Метод молекулярного наслаивания.</p> <p>23. Двумерные наносистемы. Особенности адсорбции в мезопористых системах.</p> <p>24. Двумерные наносистемы. Особенности адсорбции в микропористых системах.</p> <p>25. Получение активных углей.</p> <p>26. Получение силикагелей.</p> <p>27. Получение пористых металлов.</p> <p>28. Углеродные нанотрубки. Методы получения.</p> <p>29. Свойства и применение углеродных нанотрубок.</p> <p>30. Получение и свойства неуглеродных нанотрубок.</p> <p>31. Трехмерные наносистемы. Гомогенное образование нанокластеров.</p> <p>32. Трехмерные наносистемы. Гетерогенное образование нанокластеров.</p> <p>33. Трехмерные наносистемы. Скорость образования нанокластеров.</p> <p>34. Фуллерены. Строение фуллеренов.</p> <p>35. Синтез фуллеренов. Эндоэдральные комплексы фуллеренов.</p> <p>36. Физические и химические свойства фуллеренов.</p> |
| 3 | Физико-химические основы получения наносистем | <p>37. Получение металлических наночастиц.</p> <p>38. Фазовая инверсия полимерных систем. Сухое формование.</p> <p>39. Фазовая инверсия полимерных систем. Мокрое формование.</p> <p>40. Фазовая инверсия полимерных систем. Термический процесс формирования полимерных систем.</p> <p>41. Синтез наночастиц и наносистем на основе</p> |

| | | |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>неорганических веществ. Синтез при конденсации паров.</p> <p>42. Синтез наночастиц и наносистем на основе неорганических веществ. Синтез кластеров на основе титана.</p> <p>43. Синтез наночастиц и наносистем на основе неорганических веществ. Синтез наночастиц осаждением из коллоидных растворов.</p> |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

Не предусмотрено учебным планом.

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

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?

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Критериями оценивания достижений показателей являются:

| Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине | Критерий оценивания |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Знания | Знание терминов, понятий, определений |
| | Знание основных методов расчета |
| | Полнота ответов на вопросы |
| | Объем освоенного материала |
| | Четкость изложения и интерпретации знаний |
| Умения | Умение применять методы математического анализа |
| | Умение использовать методы теоретического исследования |
| | Умение применять законы естественнонаучных дисциплин |
| | Умение анализировать и применять методы оценки свойств наносистем |
| | Умение прогнозировать процессы образования и поведения наносистем |
| | Уметь анализировать возможность применения наноматериалов |
| Навыки | Навыки выбора корректного метода моделирования систем |
| | Навыки выбора оптимального метода получения систем |
| | Навыки выбора теоретического метода исследования наносистем |
| | Навыки расчета физико-химических свойств наночастиц |
| | Навыки определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах |
| | Навыки оценки применимости различных нанообъектов в нанотехнологии |

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 терминов, понятий, | Не знает терминов и определений | Знает термины и определения, но | Знает термины и определения | Знает термины и определения, может |

| | | | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| определений | | допускает неточности формулировок | | корректно сформулировать их самостоятельно |
| Знание основных методов расчета | Не знает основные методы расчета свойств наночастиц | Знает основные методы расчета свойств наночастиц | Знает основные методы расчета свойств наночастиц, и использует их на практике | Знает основные методы расчета свойств наночастиц, может самостоятельно их анализировать и использовать |
| 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 |
| 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 |
| Четкость изложения и интерпретации знаний | Излагает знания без логической последовательности, неверно их интерпретирует | Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, допускает неточности в их интерпретации | Излагает знания без нарушений в логической последовательности, грамотно и по существу выполняет поясняющие рисунки | Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя, точно и аккуратно выполняет поясняющие рисунки, 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 | Умеет применять методы математического анализа | Грамотно умеет применять методы математического анализа, выполняет расчеты точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний |
| Умение использовать методы теоретического исследования | Не умеет использовать методы теоретического исследования | Умеет использовать методы теоретического исследования. Неуверенно анализирует результаты эксперимента. | Умеет использовать методы теоретического исследования. Уверенно анализирует результаты эксперимента. | Умеет использовать методы теоретического исследования. Самостоятельно может проанализировать полученные результаты и сделать выводы. Уверенно проводит статистическую обработку результатов исследования. |
| Умение применять | Не справляется с простейшими | Допускает небольшие | Грамотно и без ошибок справляется | Грамотно и без ошибок справляется |

| | | | | |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| законы естественнонаучных дисциплин | задачами, вопросами | замечания при выполнении простейших задач | с простейшими задачами, вопросами, но затрудняется при выполнении сложных задач | как с простейшими задачами, так и с задачами повышенной сложности, владеет дополнительными знаниями |
| Умение анализировать и применять методы оценки свойств наносистем | Не умеет анализировать и применять методы оценки свойств наносистем сравнивать, сопоставлять, обобщать полученные результаты | Умеет анализировать и применять методы оценки свойств наносистем Сравнивает и сопоставляет полученные результаты без обобщения и выводов | Умеет анализировать и применять методы оценки свойств наносистем обобщать и делать выводы по полученным результатам, допуская незначительные ошибки | Грамотно и аргументировано проводит анализ методов оценки свойств наносистем применяет их на практике, обобщает полученные результаты, делает правильные выводы по полученным результатам |
| Умение прогнозировать процессы образования и поведения наносистем | Не умеет прогнозировать процессы образования и поведения наносистем | Частично знает методы прогнозирования процессов образования и поведения наносистем, но не умеет применять их на практике | Умеет прогнозировать процессы образования и поведения наносистем, оценивать степень безопасности использования данных систем в технологии наноматериалов, но допускает незначительные ошибки | Умеет грамотно и без ошибок прогнозировать процессы образования и поведения наносистем, оценивать степень безопасности использования данных систем в технологии наноматериалов |
| Уметь анализировать возможность применения наноматериалов | Не умеет анализировать возможность применения наноматериалов в определенной области профессиональной деятельности | Частично умеет анализировать возможность применения наноматериалов в определенной области профессиональной деятельности, но не умеет обобщать полученные результаты и делать выводы | Умеет анализировать возможность применения наноматериалов в определенной области профессиональной деятельности, обобщать и делать выводы по полученным результатам, допуская незначительные ошибки | Грамотно и аргументировано проводит анализ возможности применения наноматериалов в определенной области профессиональной деятельности, сравнивает, сопоставляет, обобщает полученные результаты, делает правильные выводы |

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

| Критерий | Уровень освоения и оценка | | | |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Навыки выбора корректного метода моделирования систем | Неспособен выбрать корректный метод моделирования систем | Не достаточно владеет навыками выбора корректного метода моделирования систем | Достаточно владеет навыками выбора корректного метода моделирования систем, но | Полноценно владеет навыками выбора корректного метода моделирования систем, владеет дополнительными знаниями |

| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | допускает незначительные ошибки | |
| Навыки выбора оптимального метода получения систем | На владеет навыками выбора оптимального метода получения систем | Частично владеет навыками выбора оптимального метода получения систем | Достаточно владеет навыками выбора оптимального метода получения систем, но допускает незначительные ошибки | Грамотно и полноценно владеет навыками выбора оптимального метода получения систем, владеет дополнительными знаниями |
| Навыки выбора теоретического метода исследования наносистем | Неспособен выбрать теоретический метод исследования наносистем. | Не достаточно владеет навыками выбора теоретического метода исследования наносистем, при этом может работать с учебной литературой | Достаточно владеет навыками выбора теоретического метода исследования наносистем, самостоятельно работает с учебной литературой но допускает незначительные ошибки | Полноценно владеет навыками выбора теоретического метода исследования наносистем, владеет дополнительными знаниями, самостоятельно работает с учебной и научной литературой |
| Навыки расчета физико-химических свойств наночастиц | Не владеет навыками расчета физико-химических свойств наночастиц | Владеет навыками расчета физико-химических свойств наночастиц, но не может обосновать результаты выполненных заданий | Владеет навыками расчета физико-химических свойств наночастиц, допуская незначительные ошибки | Владеет навыками расчета физико-химических свойств наночастиц, проводит расчеты грамотно и без ошибок |
| Навыки определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах | Не владеет навыками определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах | Владеет навыками определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах, но не может обосновать результаты выполненных заданий | Владеет навыками определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах, допуская незначительные ошибки | Владеет навыками определения процессов адсорбции и зародышеобразования в наносистемах, проводит расчеты грамотно и без ошибок |
| Навыки оценки применимости различных нанобъектов в нанотехнологии | Не владеет навыками оценки применимости различных нанобъектов в нанотехнологии | Владеет навыками оценки применимости различных нанобъектов в нанотехнологии, но не способен анализировать полученные результаты | Владеет навыками оценки применимости различных нанобъектов в нанотехнологии, допуская незначительные ошибки | Владеет навыками оценки применимости различных нанобъектов в нанотехнологии, проводит расчеты грамотно и без ошибок, владеет дополнительными знаниями |

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 | Специализированная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации УК №2, №325 | Специализированная мебель Компьютер, проектор, экран с электроприводом, доска магнитно-меловая, информационные стенды |
| 2. | Читальный зал учебной литературы для самостоятельной работы, здание библиотеки, № 303 | Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду |
| 3. | Зал электронных ресурсов, здание библиотеки, № 302 | Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду. |

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Перечень лицензионного программного обеспечения. | Реквизиты подтверждающего документа |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Microsoft Office 2016 | Соглашение №V6328633. Срок действия до 31.10.2020 |
| 2 | Windows 10 Pro | Подписка Microsoft Imagine Premiumid: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c. Срок действия до 01.05.2020. |
| 3 | Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows | Лицензия № 17E017 Microsoft Office |
| 4 | Professional 2013 | Лицензионный договор № 31401445414 от 25.09.2014. |
| 5 | Google Chrome Свободно распространяемое ПО | согласно условиям лицензионного соглашения |
| 6 | Mozilla Firefox Свободно распространяемое ПО | согласно условиям лицензионного соглашения.0707130320867250 |
| 7 | Программное обеспечение для экспресс-контроля теоретических знаний в форме тестирования | Утверждено на заседании кафедры от 06.10.2018, протокол № 2 |

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. <https://nashol.com/20180709101826/fizicheskie-i-himicheskie-osnovi-nanotehnologii-rambidi-n-g-berezkin-a-v-2009.html>
2. <http://www.nanonewsnet.ru/>
3. https://www.studmed.ru/suzdalev-ip-nanotehnologiya-fiziko-himiya-nanoklastero- nanostruktur-i-nanomaterialov_d09247bd8e7.html
4. https://www.studmed.ru/view/lekcii-po-nanomaterialam-i-nanotehnologiyam_c79ab7a0134.html

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 – Наноинженерия / О.А. Слюсарь – Электрон. текстовые данные – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 68с. – Режим доступа: <https://elib.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