


|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от « 24 » мая 2023 г., протокол № 10

Председатель \_\_\_\_\_ /В.В. Рыбин/  
(подпись)  
« 24 » мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

|            |  |
|------------|--|
| Дисциплина | <b>Физико-химические основы нанотехнологий</b>           |
| Факультет  | <b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b> |
| Кафедра    | <b>Кафедра физического материаловедения</b>              |
| Курс       | <b>3</b>   |

Направление (специальность): **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность  
(профиль/специализация) **Материаловедение наноструктурированных композиционных материалов**  
*полное наименование*

Форма обучения **очная**  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2023 г.**

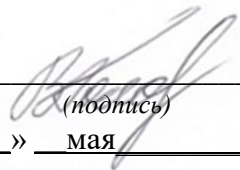
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 30.08.2024 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

| ФИО             | Кафедра                                     | Должность,<br>ученая степень, звание |
|-----------------|---|--------------------------------------|
| Калашников Е.Г. | Кафедра физического материала-<br>ловедения | к.ф.-м.н., доцент кафедры            |

|   |
|---|
| <b>СОГЛАСОВАНО</b>  |
| <b>Заведующий кафедрой Физического мате-<br/>риаловедения, реализующей дисциплину</b>   |
| <br>_____ /В.Н. Голованов/<br>(подпись) (ФИО) |
| « 19 » мая _____ 2023 г.  |

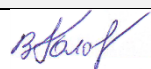
|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |


## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий»

Направление (специальность): **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**  
 Направленность (профиль/специализация) **Материаловедение наноструктурированных композиционных материалов**

Форма обучения: **очная**

| №<br>п/п | Содержание изменения или ссылка<br>на прилагаемый текст изменения | ФИО заведующего<br>кафедрой, реализующей дисциплину/<br>выпускающей кафедрой | Подпись   | Дата       |
|----------|---|--|---|------------|
|          | Внесение изменений в п. 11 с оформлением приложения 1             | Голованов В.Н.   |  | 30.08.2024 |

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является изучение основных физико-химических процессов, лежащих в природе различных методов нанотехнологии: взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц; взаимодействие потока жидких и твёрдых наночастиц с поверхностью подложки; адсорбция и десорбция кластеров и молекул; процессы под иглой туннельного силового микроскопа; взаимодействие активных частиц плазмы с поверхностью подложки. Свойства и области применения наночастиц.

**Задачей** преподавания дисциплины является формирование у студентов углубленных знаний о физико-химических явлениях и процессах, имеющих отношение к нанотехнологиям.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина "Физико-химические основы нанотехнологий" относится к обязательной части Блока 1 дисциплин цикла подготовки бакалавров по направлению **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**.


Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин:

- Химия
- Экология
- Информатика
- История развития технологий
- Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Математический анализ
- Физика
- Ознакомительная практика
- Дифференциальные уравнения и дискретная математика
- Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
- Основы нанотехнологий и наноматериалов
- Прикладная механика
- Материаловедение
- Основы надежности технических систем
- Проектная деятельность
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Материаловедение наноматериалов и наносистем
- Методы диагностики в нанотехнологиях
- Сопротивление материалов

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей
- Структура и свойства металлических наноматериалов

а также для производственной и преддипломной практик, государственной итоговой аттестации.

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:


| Код и наименование реализуемой компетенции  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций  |
|---|---|
| ПК-2<br>Способен проводить комплексные исследования, испытания и диагностику наноструктурированных композиционных материалов и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания                 | <b>Знать:</b> основные методы наноизмерений<br><b>Уметь:</b> определять контролируемые параметры нанобъектов<br><b>Владеть:</b> методиками оценки погрешности и неопределенности измерений параметров нанобъектов   |
| ПК-3<br>Способен использовать на практике знания о технологических процессах, разрабатывать рекомендации по составу, технологии производства и способам обработки наноструктурированных композиционных материалов для заданных условий эксплуатации | <b>Знать:</b> функции научно-педагогических исследований в системе образования;<br>– классификацию методов исследования;<br>– этапы исследования.<br><b>Уметь:</b> применять комплекс исследовательских методов – обобщать результаты научнопедагогического исследования – распознавать информацию, органично подходящую к тематике исследования – выбирать в общем потоке информацию, соответствующую научным критериям компилировать полученную научную информацию в самостоятельный текст.<br><b>Владеть:</b> основными процедурами научного исследования. |

### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

**4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 5 ЗЕТ.**

**4.2. По видам учебной работы (в часах): 180**

| Вид учебной работы   | Количество часов (форма обучения – очная) |                     |   |   |       |
|--|---|---------------------|---|---|-------|
|  | Всего по плану                            | в т.ч. по семестрам |   |   |       |
|  |   | 3                   | 4 | 5 | 6     |
| 1  | 2   | 3                   | 4 | 5 | 6     |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП | 51/51                                     |                     |   |   | 51/51 |
| Аудиторные занятия:  |   |                     |   |   |       |
| • Лекции (в т.ч. 0 ПрП)*   | 17/17                                     | -                   | - | - | 17/17 |

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

|  |                          |          |          |          |                          |
|--|--------------------------|----------|----------|----------|--------------------------|
| • практические и семинарские занятия (в т.ч. 0 ПрП)*             |                          | -        | -        | -        |                          |
| • лабораторные работы, практикумы (в т.ч. – ПрП)*                | 34/34-                   | -        | -        | -        | 34/34-                   |
| Самостоятельная работа   | 93/93                    | -        | -        | -        | 93/93                    |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы | Устный опрос, коллоквиум | -        | -        | -        | Устный опрос, коллоквиум |
| Курсовая работа  | -                        | -        | -        | -        | -                        |
| Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)                   | экзамен<br>36/36         | -        | -        | -        | экзамен<br>36/36         |
| <b>Всего часов по дисциплине</b>                                 | <b>180/180</b>           | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>180/180</b>           |


\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

\*часы ПрП по дисциплине указываются в соответствии с УП, в случае, если дисциплиной предусмотрено выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

| Название разделов и тем   | Всего | Виды учебных занятий |                                |                                 |                               |                        | Форма текущего контроля знаний      |
|---|-------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
|   |       | Аудиторные занятия   |                                |                                 | Занятия в интерактивной форме | Самостоятельная работа |                                     |
|   |       | лекции               | практические занятия, семинары | лабораторные работы, практикумы |                               |                        |                                     |
| 1   | 2     | 3                    | 4                              | 5                               | 6                             | 7                      | 8                                   |
| 1. Термодинамика фазовых превращений в однокомпонентных системах. | 14    | 2                    | 4                              | -                               | -                             | 8                      | тестирование, экзамен               |
| 2. Низкоразмерные структуры.                                      | 14    | 2                    | 4                              | -                               | -                             | 8                      | устный опрос, тестирование экзамен  |
| 3. Технология синтеза КТ CdSe.                                    | 14    | 2                    | 4                              | -                               | -                             | 8                      | коллоквиум, экзамен                 |
| 4. Технология наночастиц металлов.                                | 14    | 2                    | 4                              | -                               | -                             | 8                      | устный опрос, тестирование, экзамен |
| 5. Керамика и стекло.   | 13    | 2                    | 3                              | -                               | -                             | 8                      | устный опрос, тестирование,         |

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

|   |            |           |           |          |          |           |                                    |
|---|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|------------------------------------|
|   |            |           |           |          |          |           | экзамен                            |
| 6. Пористый кремний.                                      | 14         | 2         | 4         | -        | -        | 8         | устный опрос, тестирование экзамен |
| 7. Новые углеродные наноматериалы. Графен и фуллерены.    | 12         | 2         | 3         | -        | -        | 7         | устный опрос, тестирование экзамен |
| 8. Новые углеродные наноматериалы. Углеродные нанотрубки. | 13         | 1         | 4         | -        | -        | 8         | устный опрос, тестирование экзамен |
| <b>ИТОГО:</b>   | <b>108</b> | <b>17</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>93</b> |                                    |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Тема 1.** Термодинамика фазовых превращений в однокомпонентных системах

Возможные фазовые превращения.

Гомогенное зарождение новой фазы.

Работа образования зародыша новой фазы в зависимости от радиуса и переохлаждения

Конденсация пара. Потенциальный барьер для перехода пар-жидкость.

Формула Томсона (Кельвина). Поры в кристалле. Спекание частиц порошка через газовую фазу. Спекание частиц порошка по механизму объёмной диффузии.

Формула Лапласа.

Кристаллизация из раствора. Уравнение Оствальда-Фрейндлиха.

Изменение химического потенциала при переохлаждении жидкости.

Кристаллизация из расплава. Снижение температуры плавления ультра малых частиц

Гетерогенная нуклеация. Гетерогенное зарождение новой фазы. Влияние электрических зарядов

**Тема 2.** Низкоразмерные структуры.

Структуры различной размерности. Квантовые ямы, проволоки и точки.

Системы 0D, квантовые точки. Люминесценция. Роль размера частицы. Дискретные уровни энергии в нанокристаллах. Люминесценция коллоидных частиц

Коллоидные нанокристаллы. Диапазоны флуоресценции нанокристаллов, изготовленных из разных материалов.

Экситоны Квантовые точки большого и малого радиуса. Экситонные поправки.

**Тема 3.** Технология синтеза КТ CdSe.

Синтез коллоидных КТ в неполярных средах. Реактор. Обратный холодильник.

1. Химическая реакция.

2. Стадия нуклеации в пересыщенном растворе.

3. Рост частиц в растворе. Стадия роста зародышей. Фокусировка по размерам. Термическая обработка.

4. Созревание Оствальда.


Стабилизация частиц. Стабилизаторы.

Размерно-селективное осаждение. Эффективность размерно-селективного осаждения.

Очистка коллоидного раствора. Осадители. Флокуляция.

Выделение фракций. Центрифугирование.

Стабилизация квантовой ямы.

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

#### **Тема 4. Технология наночастиц металлов.**

Металлические наночастицы. Поверхностный плазмонный резонанс и окраска. Размерная зависимость резонанса.

Контроль размеров частиц. Контроль формы частиц.

Технология получения Me наночастиц. Метод синтеза AuNPs Броста-Шиффрина.

Синтез НЧ Me сплавов. Прекурсоры, стабилизаторы и растворители. Сверхрешётки.

Плазменная технология. Получение НЧ Me в низкотемпературной плазме. Характеристики ВЧИ-плазмотронов.

#### **Тема 5. Керамика и стекло.**

Синтез материалов с помощью золь-гель методов. Гидролиз. Поликонденсация.

Реакции, происходящие в растворах солей металлов и оксидов. Процесс сушки. Окончательная термическая обработка. Преимущества использования золь-гель технологии. Приложения.

Химическое осаждение (CVD). Рабочая концепция. Основные этапы процесса CVD. Состав типичной системы CVD: источники и питающие линии для газов; регуляторы массового расхода для дозирования газов в систему; реакционная камера или реактор; система для нагрева пластины, на которой осаждается пленка; а также датчики температуры.

Виды химического осаждения из паровой фазы: реакторы «с горячей стенкой» и реакторы с «холодной стенкой». Преимущества CVD. Приложения.

Физическое осаждение из паровой фазы (PVD). Рабочая концепция. Этапы: Испарение; Перенос; Реакция; Осаждение. Важность PVD покрытий. Преимущества. Недостатки. Приложения.

Аэрогели. Сверхкритическая сушка. Свойства аэрогелей.

#### **Тема 6. Пористый кремний.**

Получение пористого кремния. Конструкции электрохимической ячейки для получения слоев ПК. Анодная реакция растворения кремния в водных растворах HF. Физико-химия анодного электрохимического окисления кремния. Метод Унно – Имаи получения ПК. Светоизлучающие диоды на основе пористого кремния. Фотоэлектрические преобразователи для солнечной энергетики. Химические датчики на основе пористого кремния. Применение пористого кремния в медицине.

#### **Тема 7. Новые углеродные наноматериалы. Графен и фуллерены.**

Углеродные волокна. Углеродные волокна с полимерной матрицей - композитные материалы.

Графен. Получение графена. Механическое отслаивание. Химическое отслаивание. Химическое отслаивание с применением оксида графена. Химическое осаждение из паровой фазы. Пиролиз карбида кремния. Физические свойства графена. Гибридизация электронов. Кристаллическая решетка. Зонная структура графена. Линейный закон дисперсии. Эффективная масса. Квантовый эффект Холла. Андрей Гейм и Константин Новоселов.

Фуллерены (C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> и др.). Применение фуллеренов.

Фуллерены (C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> и др.). Применение фуллеренов.

#### **Тема 8. Новые углеродные наноматериалы. Углеродные нанотрубки.**


Графеновые листы. Углеродные нанотрубки. Хиральность. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки. Применение углеродных нанотрубок. Физико-химия роста нанотрубок. Методы получения УНТ.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Тема 1. . Работа образования зародыша новой фазы в зависимости от радиуса и переохлаждения. Конденсация пара. Потенциальный барьер для перехода пар-жидкость. Критический радиус. Формула Томсона (Кельвина).

Тема 2. Формула Лапласа. Капиллярные явления.

Тема 3. Кристаллизация из раствора. Уравнение Оствальда-Фрейндлиха.

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

- Тема 4. Кристаллизация из расплава. Снижение температуры плавления ультра малых частиц
- Тема 5. Гетерогенная нуклеация. Гетерогенное зарождение новой фазы.
- Тема 6. Системы 0D, квантовые точки. Люминесценция. Роль размера частицы.. Люминесценция коллоидных частиц.
- Тема 7. Квантовые точки большого и малого радиуса. Экситонные поправки.
- Тема 8. Рост частиц в растворе.
- Тема 9. Металлические наночастицы. Размерная зависимость плазмонного резонанса.

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.


## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Гомогенное зарождение новой фазы. Работа образования зародыша новой фазы в зависимости от радиуса и переохлаждения.
3. Технология синтеза КТ полупроводников. Реактор. Обратный холодильник. Химическая реакция. Стадия нуклеации в пересыщенном растворе.
4. Найдите давление насыщенного пара над сферической каплей воды с радиусом  $r=5 \cdot 10^{-7} \text{ см}$  при  $20^\circ \text{C}$ . При такой температуре для воды  $\sigma = 0,073 \text{ Дж/м}^2$ ,  $P_0=17,5 \text{ мм.рт.ст.}$
5. Конденсация пара. Потенциальный барьер для перехода пар-жидкость. Формула Томсона (Кельвина). Формула Лапласа.
6. Технология синтеза КТ полупроводников. Стадия роста зародышей. Фокусировка по размерам. Термическая обработка. Созревание Оствальда.
7. При какой температуре будут плавиться частицы никеля радиуса  $r = 50 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ? Для Ni:  $\sigma=1,4 \text{ Дж/м}^2$ ,  $M = 58,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}$ ,  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3$
8. Кристаллизация из раствора. Уравнение Оствальда-Фрейндлиха. Изменение химического потенциала при переохлаждении жидкости.
9. Технология синтеза КТ CdSe. Стабилизация частиц. Стабилизаторы. Размерно-селективное осаждение. Эффективность размерно-селективного осаждения.
10. Теплота плавления железа  $\Delta H = 13,75 \text{ кДж / моль}$ ; межфазная поверхностная энергия  $\sigma_{ж-тв} = 0,204 \text{ Дж / м}^2$ , молярная масса  $M = 55,85 \text{ кг / кмоль}$ . При какой температуре будут плавиться частицы железа с  $r = 40 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ?
11. Кристаллизация из расплава. Снижение температуры плавления ультра малых частиц.
12. Технология синтеза КТ CdSe. Очистка коллоидного раствора. Осадители. Флокуляция. Выделение фракций. Центрифугирование. Стабилизация квантовой точки.
13. При какой температуре будут плавиться частицы никеля радиуса  $r = 50 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ? Для Ni:  $\sigma=1,4 \text{ Дж/м}^2$ ,  $M = 58,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}$ ,  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3$ .
14. Гетерогенная нуклеация. Гетерогенное зарождение новой фазы.
15. Металлические наночастицы. Поверхностный плазмонный резонанс и окраска. Размерная зависимость резонанса. Контроль размеров частиц. Контроль формы частиц.
16. Определите критический размер капель ртути при конденсации при комнатной температуре ( $T=300 \text{ K}$ ) из пара, пересыщенного на 12%. Сколько атомов в такой капле? Для Hg:



|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

$$\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 ; \sigma_{ж-г} = 0,470 \text{ Дж} / \text{м}^2 .$$

17. Структуры различной размерности. Квантовые ямы, проволоки и точки.

18. Технология получения Me наночастиц. Метод синтеза наночастиц золота Браста-Шиффрина.

19. Определите длину волны пика поглощения для малых частиц CdTe:  $R=2\text{нм}$ ;  $E_g=1,45 \text{ эВ}$ ;  $m_e^*=0,096m_e$ ;  $m_h^*=0,63m_e$ ,  $\varepsilon=10,2$ .

20 Системы 0D, квантовые точки. Люминесценция. Роль размера частицы. Дискретные уровни энергии в нанокристаллах. Люминесценция коллоидных частиц.

2. Синтез НЧ Me сплавов. Прекурсоры, стабилизаторы и растворители. Сверхрешётки.

21. Давление насыщенного пара над плоской поверхностью никеля при  $1653 \text{ К}$  равно  $p_0=0,133 \text{ Па}$ . Каково давление насыщенного пара никеля над поверхностью частицы радиуса  $r = 5 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ ? Для Ni:  $\sigma=1,4 \text{ Дж} / \text{м}^2$ ,  $M = 58,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}$ ,  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ .

22. Экситоны. Квантовые точки большого и малого радиуса. Экситонные поправки к ширине запрещённой зоны.

23. Плазменная технология получения Me наночастиц. Получение НЧ Me в низкотемпературной плазме. Характеристики ВЧИ-плазмотронов.

24. Для железа теплота плавления  $\Delta H = 13,75 \text{ кДж} / \text{моль}$ ; межфазная поверхностная энергия  $\sigma_{ж-тв} = 0,204 \text{ Дж} / \text{м}^2$ , молярная масса  $M = 55,85 \text{ кг} / \text{кмоль}$ . Рассчитайте критическую величину сферического зародыша, кристаллизующегося из расплава железа, при переохлаждении на  $100^\circ\text{C}$ .

25. Физическое осаждение из паровой фазы (PVD). Рабочая концепция. Этапы: Испарение; Перенос; Реакция; Осаждение. Важность PVD покрытий. Преимущества. Недостатки.

26. Керамика и стекло. Синтез материалов с помощью золь-гель методов. Гидролиз. Поликонденсация. Реакции, происходящие в растворах солей металлов и оксидов. Процесс сушки.

Окончательная термическая обработка. Преимущества использования золь-гель технологии.

27. Определите длину волны пика поглощения для малых частиц CdTe:  $R=3\text{нм}$ ;  $E_g=1,45 \text{ эВ}$ ;  $m_e^*=0,096m_e$ ;  $m_h^*=0,63m_e$ ,  $\varepsilon=10,2$ .

28. Химическое осаждение (CVD). Рабочая концепция. Основные этапы процесса CVD. Состав типичной системы CVD: источники и питающие линии для газов; регуляторы массового расхода для дозирования газов в систему; реакционная камера или реактор; система для нагрева пластины, на которой осаждается пленка; а также датчики температуры.

Виды химического осаждения из паровой фазы: реакторы «с горячей стенкой» и реакторы с «холодной стенкой». Преимущества CVD.

29. Графен. Получение графена. Механическое отслаивание. Химическое отслаивание. Химическое отслаивание с применением оксида графена.

30. Вычислите эффективный радиус экситона в CdTe, если:  $m_e^*=0,096m_e$ ;  $m_h^*=0,63m_e$ ,  $\varepsilon=10,2$ .


31. Аэрогели. Сверхкритическая сушка. Свойства аэрогелей.

32. Графен. Получение графена. Химическое осаждение из паровой фазы. Пиролиз карбида кремния.

33. Определите длину волны пика поглощения для малых частиц CdTe:  $R=5\text{нм}$ ;  $E_g=1,45 \text{ эВ}$ ;  $m_e^*=0,096m_e$ ;  $m_h^*=0,63m_e$ ,  $\varepsilon=10,2$ .

34. Фуллерены (C60, C70 и др.). Технология получения. Применение фуллеренов.

35. Получение пористого кремния. Конструкции электрохимической ячейки для получения слоев ПК. Анодная реакция растворения кремния в водных растворах HF. Физико-химия анод-

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

ного электрохимического окисления кремния.

36. Найдите критический радиус частиц CdSe в пересыщенном до  $S=6,5$  растворе спирта, если удельная межфазная энергия  $\sigma=0,235$  Дж/м<sup>2</sup>; плотность раствора  $\rho=6,20 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а  $M=191,4 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

37. Углеродные нанотрубки. Хиральность. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки. Физико-химия роста нанотрубок. Методы получения УНТ.


38. Наноструктурированные материалы. Свойства НСМ.

39. Определите длину волны пика поглощения наночастиц GaAs размером  $R=5,5$  нм, если  $E_g=1,42$  эВ;  $m_e^*=0,063m_e$ ;  $m_h^*=0,50m_e$ ,  $\epsilon=13,2$ .

## 10.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная

| Название разделов и тем   | Вид самостоятельной работы<br>(проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)   | Объем в часах | Форма контроля<br>(проверка решения задач, реферата и др.) |
|---|--|---------------|--|
| 1. Термодинамика фазовых превращений в однокомпонентных системах. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul> | 8             | тестирование, экзамен                                      |
| 2. Низкоразмерные структуры.                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul> | 8             | устный опрос, тестирование, экзамен                        |
| 3. Технология синтеза КТ CdSe.                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к коллоквиуму;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul>  | 8             | коллоквиум, экзамен  |
| 4. Технология наночастиц металлов.                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul> | 8             | устный опрос, тестирование, экзамен                        |
| 5. Керамика и стекло.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> </ul>  | 7             | устный опрос, тестирование, экзамен                        |

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

|   |  |   |                                     |
|---|--|---|-------------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul>  |   |                                     |
| 6. Пористый кремний.                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul> | 8 | тестирование, экзамен               |
| 7. Новые углеродные наноматериалы. Графен и фуллерены.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul> | 8 | устный опрос, тестирование, экзамен |
| 8. Новые углеродные наноматериалы. Углеродные нанотрубки. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>• Подготовка к коллоквиуму;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul>  | 8 | коллоквиум, экзамен                 |

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная литература

1. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 190 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512822>
2. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html>

#### дополнительная литература:

1. Калашников Е. Г. Введение в наноинженерию : учеб. пособие по направл. 152200 "Наноинженерия" / УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2016. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 4,71 МБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/167>
2. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/73346.html>
3. Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2017. — 241 с. — ISBN 978-5-9795-1731-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106130.html>

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

### Учебно-методическая:

1. Калашников Е. Г. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов бакалавриата всех форм обучения направлений подготовки: 28.03.02 «Наноинженерия», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / Ульянов. гос. ун-т, ИФФВТ. - 2022. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/14700>.

2. Махмуд-Ахунов М. Ю. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Наноматериалы и нанотехнологии» для студентов бакалавриата всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. – Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/6412>.

Согласовано:

Ведущий специалист ООП НБ УлГУ / Чамеева А.Ф. / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 2023  
(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

### б) Программное обеспечение

1. ОС Microsoft Windows
2. Microsoft OfficeStd 2016 RUS
3. «МойОфис Стандартный»

### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.


1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. -

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

**3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»:** электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование:** федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ :** модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИГТ ФИО подпись дата

## 12.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной инфромационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

## 13.СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно- образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей


Разработчик

  
\_\_\_\_\_

подпись

доцент кафедры ФМ, к.ф.-м.н. Е.Г.Калашников

должность ФИО

|   |       |   |
|---|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования<br>Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Ф- Рабочая программа дисциплины   |       |   |

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт /ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») :электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека: база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. –Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст :электронный.

1.7. 1. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.