

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета инженерно-физического
факультета высоких технологий
от « 18 » мая 2021 г., протокол № 10

Председатель _____ /В.В. Рыбин/
(подпись)
« 18 » мая 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Физико-химические основы нанотехнологий
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра физического материаловедения
Курс	3

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия»**
код направления (специальности), полное наименование

Направленность
(профиль/специализация) **Нанотехнологии и наноматериалы**
полное наименование

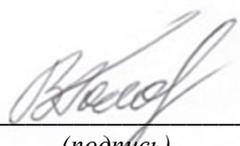
Форма обучения **очная**
очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2021 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 10 от 21.05.2022 г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 10 от 19.05.2023 г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20____ г.

Сведения о разработчиках:

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

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой Физического мате- риаловедения, реализующей дисциплину
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО)
« 30 » апреля 2021 г.

Министерство науки и высшего образования 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 **28.03.02 «Наноинженерия»**.

Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин:

- Механика
- Химия
- Экология
- Аналитическая геометрия и линейная алгебра
- Математический анализ
- Молекулярная физика и термодинамика
- Введение в специальность
- Информатика
- Ознакомительная практика
- Теория колебаний
- Численные методы и математическое моделирование
- Электричество и магнетизм
- Дифференциальные и интегральные уравнения
- Колебания и волны, оптика
- Электротехника и электроника
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Технологическая (проектно-технологическая) практика
- Атомная и ядерная физика
- Проектная деятельность
- Нанометрология
- Материаловедение наноматериалов и наносистем
- Физика конденсированного состояния вещества

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

- Микро- и наносхемотехника
- Микро- и наноэлектроника
- Моделирование микро- и наносистем
- Оптоэлектронные устройства
- Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах
- СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

- Физика полупроводников
- Интегральная и волоконная оптика
- Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
- Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей.
- Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок
- Технологические системы в нанотехнологиях
- Статистическая радиофизика и нанооптика
- Электродинамика СВЧ

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

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
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Знать: формы и методы профессиональной коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. Уметь: осуществлять профессиональную коммуникацию в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. Владеть: профессиональной коммуникацией в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.
ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	Знать: формы и методы взаимодействия с участниками образовательного процесса и социальными партнерами. Уметь: взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия. Владеть: готовностью взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия.
ПК-3 Использование методик комплексного анализа структуры и физико-химических свойств на-	Знать: основные методы наноизмерений Уметь: определять контролируемые параметры нанобъектов Владеть: методиками оценки погрешности и неопределенности измерений параметров нанобъектов

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

номатериалов и наноструктур	
ПК-5 Проведение работ по модернизации оборудования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	<p>Знать: функции научно-педагогических исследований в системе образования; – классификацию методов исследования; – этапы исследования.</p> <p>Уметь: 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.</p> <p>Владеть: основными процедурами научного исследования.</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 4 ЗЕТ.

4.2. По видам учебной работы (в часах): 144

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	45/45				45/45
Аудиторные занятия:					
• Лекции (в т.ч. 0 ПрП)*	15/15	-	-	-	15/15
• практические и семинарские занятия (в т.ч. 0 ПрП)*	30/30	-	-	-	30/30
• лабораторные работы, практикумы (в т.ч. – ПрП)*	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа	63/63	-	-	-	63/63
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы	Устный опрос, коллоквиум	-	-	-	Устный опрос, коллоквиум
Курсовая работа	-	-	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен 36/36	-	-	-	экзамен 36/36
Всего часов по дисциплине	144/144	-	-	-	144/144

* 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.

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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

4.1. 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, 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
ИТОГО:	108	15	30	-	-	63	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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.

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

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

«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 (C₆₀, C₇₀ 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.

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.

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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°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: $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_{ж-г} = 0,470 \text{ Дж/м}^2$.
17. Структуры различной размерности. Квантовые ямы, проволоки и точки.
18. Технология получения Me наночастиц. Метод синтеза наночастиц золота Броста-Шиффрина.
19. Определите длину волны пика поглощения для малых частиц CdTe: $R=2 \text{ нм}$; $E_g=1,45 \text{ эВ}$; $m_e^* = 0,096 m_e$; $m_h^* = 0,63 m_e$, $\varepsilon=10,2$.
- 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. Сверхрешетки.
21. Давление насыщенного пара над плоской поверхностью никеля при 1653 K 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: $\sigma=1,4 \text{ Дж/м}^2$, $M = 58,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
22. Экситоны. Квантовые точки большого и малого радиуса. Экситонные поправки к ширине запрещенной зоны.
23. Плазменная технология получения Me наночастиц. Получение НЧ Me в низкотемпературной плазме. Характеристики ВЧИ-плазмотронов.

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

24. Для железа теплота плавления $\Delta H = 13,75 \text{ кДж/моль}$; межфазная поверхностная энергия $\sigma_{ж-тв} = 0,204 \text{ Дж/м}^2$, молярная масса $M = 55,85 \text{ кг/кмоль}$. Рассчитайте критическую величину сферического зародыша, кристаллизующегося из расплава железа, при переохлаждении на 100°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 анодного электрохимического окисления кремния.
36. Найдите критический радиус частиц CdSe в пересыщенном до $S=6,5$ растворе спирта, если удельная межфазная энергия $\sigma=0,235 \text{ Дж/м}^2$; плотность раствора $\rho=6,20 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, а $M=191,4 \cdot 10^3 \text{ кг/моль}$.
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 $R=5,5 \text{ нм}$, если $E_g=1,42 \text{ эВ}$; $m_e^*=0,063m_e$; $m_h^*=0,50m_e$, $\varepsilon=13,2$.

10.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, кон-	Объем в часах	Форма контроля (проверка ре-
-------------------------	--	---------------	---------------------------------

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

	<i>трольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</i>		<i>шения задач, реферата и др.)</i>
1. Термодинамика фазовых превращений в однокомпонентных системах.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	8	тестирование, экзамен
2. Низкоразмерные структуры.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	8	устный опрос, тестирование, экзамен
3. Технология синтеза КТ CdSe.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к коллоквиуму; • Подготовка к экзамену 	8	коллоквиум, экзамен
4. Технология наночастиц металлов.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	8	устный опрос, тестирование, экзамен
5. Керамика и стекло.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	7	устный опрос, тестирование, экзамен
6. Пористый кремний.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	8	тестирование, экзамен
7. Новые углеродные наноматериалы. Графен и фуллерены.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины • Подготовка к тестированию; • Подготовка к экзамену 	8	устный опрос, тестирование, экзамен
8. Новые углеродные наноматериалы. Углеродные нанотрубки.	<ul style="list-style-type: none"> • Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины 	8	коллоквиум, экзамен

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

	обеспечения дисциплины <ul style="list-style-type: none"> • Подготовка к коллоквиуму; • Подготовка к экзамену 		
--	---	--	--

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, 2019. — 190 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434532>
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" / Е. Г. Калашников; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2016. – Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/167>
2. С.В. Булярский. Углеродные нанотрубки: технология, управление свойствами, применение. - Ульяновск, 2011. – 479с.

Учебно-методическая:

1. Тарасова, Н. В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>
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>
3. Иго А. В. Методические указания для самостоятельной работы студентов по подготовке к практическим занятиям для студентов ИФФВТ / А. В. Иго; УлГУ, ИФФВТ, Каф. инж.физики. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6409>

Согласовано:

И. Библиотечная 00П №1 / *Ташева С.З.* / *АМ* /
 Должность сотрудника научной библиотеки / ФИО / подпись / дата

б) программное обеспечение:

Не предусмотрено

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2021]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2021]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользова-телей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2021]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2021]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицин-ских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электрон-ный.

1.9. Русский язык как иностранный : электронно-образовательный ресурс для иностран-ных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2021].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Моск-ва, [2021]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. поль-зователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электрон-ная Библиотека. – Москва, [2021]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользо-вателей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2021]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Национальная электронная библиотека : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Моск-ва, [2021]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. SMART Imagebase // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebSCO.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Ре-жим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

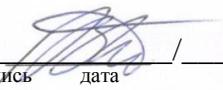
6.1. [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru/) : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. [Российское образование](http://www.edu.ru/) : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: [http://www.edu.ru.](http://www.edu.ru/) – Текст : электронный.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

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

Согласовано:

Зам. начальника / Клочкова А.В. /  /
Должность сотрудника УИТиТ / 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 информационно-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;

– 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 Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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, [2022]. - 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, [2022]. - 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, [2022]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.4. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. - Санкт-Петербург, [2022]. - URL: <https://e.lanbook.com>. - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.5. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - 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, [2022].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. - URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. - Москва, [2022]. - URL: <http://elibrary.ru>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. - Москва, [2022]. - 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, [2022]. - URL: <https://нэб.рф>. - Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. - Текст : электронный.

5. SMART Imagebase : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. - URL: <https://ebSCO.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Изображение : электронные.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал . - URL: <http://window.edu.ru/>. - Текст : электронный.

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

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. 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:

Зам. начальника
Должность сотрудника УИТиТ

Клочкова А.В.
ФИО


подпись

дата

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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. - 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.

Министерство науки и высшего образования Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф- Рабочая программа дисциплины		

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