


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

## УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета инженерно-физического  
факультета высоких технологий  
от «16» июня 2020 г., протокол №11

Председатель \_\_\_\_\_ А.Ш. Хусаинов/  
*(подпись)*  
«16» июня 2020г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Специальность (направление) **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов** (*бакалавриат*)

Направленность (профиль/специализация): **Физическое материаловедение**  
(*полное наименование*)

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

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2020 г.**


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ 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, ученая степень, звание
Калашников Е.Г.	Кафедра физического материала- ловедения	к.ф.-м.н., доцент кафедры

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий кафедрой ФМ
 /В.Н. Голованов/
13 июня 2020 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 нанотехнологии" (Б1.Б.8) преподается после завершения общего курса физики и относится к дисциплинам базовой части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов.

Дисциплина относится к части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом. Данная дисциплина является одной из основополагающих дисциплин в системе подготовки бакалавра по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов.

Дисциплина читается в 6 семестре 3 курса и базируется на отдельных компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения курса физики и химии в средней школе, а также предшествующих дисциплинах.


- Молекулярная физика и термодинамика
- Неорганическая и органическая химия
- Введение в материаловедение
- Практикум по молекулярной физике
- Технологические системы в нанотехнологии
- Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей

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

- Общее материаловедение
- Физическая химия. Фазовые равновесия
- Структура и свойства металлических наноматериалов
- Методы получения наночастиц и наноматериалов
- Кристаллография, рентгенография
- Наноматериалы и нанотехнологии
- Фазовые равновесия и структурообразование
- Получение и обработка металлов и соединений

а также для прохождения учебных и производственных практик, проектной деятельности и научно-исследовательской работы.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

## (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-6 способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	<p><b>Знать:</b> особенности синтеза и применения наноразмерных включений в композиционных материалах</p> <p><b>Уметь:</b> оценивать влияние типа и размеров наночастиц на свойства макроскопических объектов</p> <p><b>Владеть:</b> методиками исследования микро- и нано-структуры материалов</p>
ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	<p><b>Знать:</b> принципы создания моделей основных физических и технологических процессов и возможности их применения</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать, применять и анализировать полученные результаты использования моделей физических и технологических процессов</p> <p><b>Владеть:</b> техникой разработки и применения моделей физических и технологических процессов</p>
ПК-16 способностью использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях, нормативных и методических материалах о технологической подготовке производства, качестве, стандартизации и сертификации изделий и процессов с элементами экономического анализа	<p><b>Знать:</b> основные методы наноизмерений</p> <p><b>Уметь:</b> определять контролируемые параметры нанообъектов</p> <p><b>Владеть:</b> методиками оценки погрешности и неопределенности измерений параметров нанообъектов</p>

### 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

**4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 5 ЗЕТ (1 зачетная единица трудоемкости = 36 часов).**

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

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)			
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам		
	6	1-5,7-8		


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

1	2	3	4		
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	48	48	-		
Аудиторные занятия:					
• лекции	16	16	-		
• семинары и практические занятия	-	-	-		
• лабораторные работы, практикумы	32	32	-		
Самостоятельная работа	60	60	-		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы	Устный опрос, контрольная работа	Устный опрос, контрольная работа	-		
Курсовая работа	-	-	-		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен 36	экзамен 36	-		
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>-</b>		

#### 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.	25	2		16		7	тестирование, экзамен
2. Низкоразмерные структуры.	10	2				8	устный опрос, тестирование экзамен
3. Технология синтеза КТ CdSe.	9	2				7	коллоквиум, экзамен
4. Технология наночастиц металлов.	22	2		12		8	устный опрос, тестирование, экзамен
5. Керамика и стекло.	9	2				7	устный опрос, тестирование,

Министерство науки и высшего образования 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.	9	2				7	устный опрос, тестирование экзамен
8. Новые углеродные наноматериалы. Углеродные нанотрубки.	10	2				8	устный опрос, тестирование экзамен
Экзамен	36						
<b>ИТОГО:</b>	<b>144</b>	<b>16</b>		<b>32</b>		<b>60</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.

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

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 «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.


#### **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.

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

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)

### **Лабораторная работа №1. Физико-химические основы процесса получения пористого оксида алюминия.**

Цель работы: Освоить методику формирования пористых пленок оксида алюминия методом электрохимического анодного окисления алюминия в водных растворах кислотных электролитов.

### **Лабораторная работа №2. Исследование топологии поверхности твердого тела методом сканирующей туннельной микроскопии**

Цель работы:

Знакомство с физическими основами сканирующей туннельной микроскопии и получение основных навыков работы с лабораторным комплексом по сканированию поверхности твердых тел.

### **Лабораторная работа №3. Плазменно-электролитическое формирование пористого оксида титана**

Цель работы: Освоить методику формирования пористых пленок оксида титана методом плазменно-электролитического оксидирования в водных растворах кислот.

### **Лабораторная работа №4. Технологические основы напыления тонких металлических пленок методом термического испарения в вакууме**

Цель работы: Освоить технологию напыления тонких металлических пленок методом термовакуумного испарения; провести оценку толщины полученных слоев интерференционным методом.

### **Лабораторная работа №5. Получение и спектрофотометрические исследования наночастиц металлов**


Цель работы: Получение навыков химического синтеза наночастиц металлов и их анализ спектрофотометрическими методами.

### **Лабораторная работа №6. Измерение толщины диэлектрических пленок на основе эффекта электросмачивания**

Цель работы: Изучить методы определения толщин пленок; определить толщину диэлектрической пленки на основе зависимости краевого угла смачивания от внешнего напряжения.

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ




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

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.
2. Технология синтеза КТ полупроводников. Реактор. Обратный холодильник. Химическая реакция. Стадия нуклеации в пересыщенном растворе.
3. Конденсация пара. Потенциальный барьер для перехода пар-жидкость. Формула Томсона (Кельвина). Формула Лапласа.
4. Технология синтеза КТ полупроводников. Стадия роста зародышей. Фокусировка по размерам. Термическая обработка. Созревание Оствальда.
5. Кристаллизация из раствора. Уравнение Оствальда-Фрейндлиха. Изменение химического потенциала при переохлаждении жидкости.
6. Технология синтеза КТ CdSe. Стабилизация частиц. Стабилизаторы. Размерно-селективное осаждение. Эффективность размерно-селективного осаждения.
7. Кристаллизация из расплава. Снижение температуры плавления ультра малых частиц.
8. Технология синтеза КТ CdSe. Очистка коллоидного раствора. Осадители. Флокуляция. Выделение фракций. Центрифугирование. Стабилизация квантовой точки.
9. Гетерогенная нуклеация. Гетерогенное зарождение новой фазы.
10. Металлические наночастицы. Поверхностный плазмонный резонанс и окраска. Размерная зависимость резонанса. Контроль размеров частиц. Контроль формы частиц.
11. Структуры различной размерности. Квантовые ямы, проволоки и точки.
12. Технология получения Me наночастиц. Метод синтеза наночастиц золота Браста-Шиффрина.
13. Экситоны. Квантовые точки большого и малого радиуса. Экситонные поправки к ширине запрещенной зоны.
14. Плазменная технология получения Me наночастиц. Получение НЧ Me в низкотемпературной плазме. Характеристики ВЧИ-плазмотронов.
15. Системы 0D, квантовые точки. Люминесценция. Роль размера частицы. Дискретные уровни энергии в нанокристаллах. Люминесценция коллоидных частиц.
16. Синтез НЧ Me сплавов. Прекурсоры, стабилизаторы и растворители. Сверхрешетки.
17. Физическое осаждение из паровой фазы (PVD). Рабочая концепция. Этапы: Испарение; Перенос; Реакция; Осаждение. Важность PVD покрытий. Преимущества. Недостатки.
18. 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.
19. 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.
20. Виды химического осаждения из паровой фазы: реакторы «с горячей стенкой» и реакторы с «холодной стенкой». Преимущества CVD.
21. Графен. Получение графена. Механическое отслаивание. Химическое отслаивание. Химическое отслаивание с применением оксида графена. Пиролиз карбида кремния.
22. Аэрогели. Сверхкритическая сушка. Свойства аэрогелей.
23. Фуллерены (C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> и др.). Технология получения. Применение фуллеренов.


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

24. Получение пористого кремния. Конструкции электрохимической ячейки для получения слоев ПК. Анодная реакция растворения кремния в водных растворах HF. Физико-химия анодного электрохимического окисления кремния.
25. Углеродные нанотрубки. Хиральность. Одностенные нанотрубки. Многостенные нанотрубки. Физико-химия роста нанотрубок. Методы получения УНТ.
26. Наноструктурированные материалы. Свойства НСМ.

## 10.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (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 экзамену</li> </ul>	7	устный опрос, проверка решения задач
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 экзамену</li> </ul>	8	устный опрос, проверка решения задач
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 экзамену</li> </ul>	7	устный опрос, проверка решения задач
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 экзамену</li> </ul>	8	устный опрос, проверка решения задач
5. Керамика и стекло.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины</li> <li>Подготовка к экзамену</li> </ul>	7	устный опрос, проверка решения задач
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 экзамену</li> </ul>	8	устный опрос, проверка решения задач

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

	обеспечения дисциплины		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Подготовка к экзамену</li> </ul>		
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 экзамену</li> </ul>	7	устный опрос, проверка решения задач
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 экзамену</li> </ul>	8	устный опрос, проверка решения задач

## 11.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. 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 // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
2. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 398 с. — ISBN 978-5-00101-476-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88982.html>


#### Дополнительная литература:

1. Физико-химические основы нанотехнологий : методические указания / составители М. Е. Колпаков, Е. В. Петрова, А. Ф. Дресвянников. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>
2. Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологий : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович, Д. Г. Крутогин, С. В. Подгорная, С. Ф. Маренкин. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2015. — 89 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97909.html>

#### Учебно-методическая:

1. Физико-химические основы нанотехнологий : учеб. пособие для студентов по направл. 28.03.02 "Наноинженерия" / Калашников Евгений Гаврилович; УлГУ,



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

## 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.

Для проведения лабораторных работ имеется следующее оборудование:

Пресс для горячей запрессовки PRESSLAM 1.1 производства Lam Plan. Машина испытательная универсальная электромеханическая Lab Test 6.10.1.10. Станок отрезной CUTLAM 1.1 производства Lam Plan Станок шлифовально-полировальный MASTERLAM 3.0 производства Lam Plan. Учебно-лабораторное оборудование НТЦ-13.01.13 «Определение прогибов при косом изгибе», учебно-лабораторное оборудование НТЦ-22.01.3 "Изучение спектра атома водорода". Стационарный универсальный твердомер МЕТОЛАБ 701. Модульный учебный комплекс МУК-ТП «Твердое тело 1». Учебно-лабораторное оборудование НТЦ-13.01.06 «Испытание прямых гибких стержней». Весы лабораторные ВЛТЭ-500с гир500г. Микротвердомер ПМТ-3М. Печь муфельная. Подставки под муфельные печи. Стерилизатор ГП-40-2. Микрометр гладкий МК-25. Твердомер ТДМ-2. Установка для дифференциального анализа. Термоскан – , Вихрепотоковый измеритель электропроводности металла ВЭ-27 НЦ/ . Сканирующий туннельный микроскоп СТМ «УМКА» Мини-анализатор размеров частиц «PhotocorMini». Модуль синтеза наноразмерных частиц. Разрывная машина типа ИМАШ-20-78. Микроинтерферометр МИИ-4. Микроскоп МБС-10. Спектрофотометр СФ-2000. Магнитная мешалка. Экран.

Микроскоп металлографический Axio Vert.A1 MAT. Микроскоп металлографический Axio Vert.A1 MAT. Микроскоп MET 1С Микроскоп MET 1С . Мультиметр MAS830, мультиметр М4 68, мультиметр М4 64. Камера цифровая Levenhuk M500 BASE. Измерительный прибор. Комплекс нанотехнологического оборудования УМКА. Набор зондов, рабочая станция преподавателя, рабочая станция учащегося, установка для заточки зондов сканирующих туннельных микроскопов, устройство заточки( травления зондов), мини-анализатор размеров частиц Photocor-Mini. Нанолaborатория «Модуль синтеза наноразмерных структур», настольный программно-аппаратный нанотехнологический комплекс NANOSKILL. Весы лабораторные ВЛТЭ-500с гир500г Микроскоп МИМ-10. Вакуумный универсальный пост ВУП-5. Прибор РЧЗ-07-0002. Стерилизатор ГП-40-2. Шлифовально-полировальный станок. Микроинтерферометр МИИ-4. Микроскоп МБС-10.

## 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 ВОЗ и инвалидами предусматривает в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных особенностей.

Разработчик

  
\_\_\_\_\_

подпись

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

должность ФИО