



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 твердых 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" (Б1.Б.8) преподается после завершения общего курса физики и относится к дисциплинам базовой части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению 28.03.02 «Наноинженерия».

## 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
<b>ОПК-1</b> Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>Знать:</b> формы и методы профессиональной коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. <b>Уметь:</b> осуществлять профессиональную коммуникацию в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности. <b>Владеть:</b> профессиональной коммуникацией в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.
<b>ОПК-3</b> Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<b>Знать:</b> формы и методы взаимодействия с участниками образовательного процесса и социальными партнерами. <b>Уметь:</b> взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия. <b>Владеть:</b> готовностью взаимодействовать с участниками образовательного процесса и социальными партнерами, руководить коллективом, толерантно воспринимая социальные, этноконфессиональные и культурные различия.
<b>ПК-3</b> Проведение испытаний изделий из наноструктурированных композиционных материалов с целью выявления показателей уровня качества,	<b>Знать:</b> основные методы наноизмерений <b>Уметь:</b> определять контролируемые параметры нанобъектов <b>Владеть:</b> методиками оценки погрешности и неопределенности измерений параметров нанобъектов

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

функциональных потребительских свойств, брака и путей его устранения	
<b>ПК-5</b> Оценивать экологические последствия используемых технологий производства и обработки изделий из наноматериалов; выявлять экологический риск внедрения новых видов обработки	<p><b>Знать:</b> функции научно-педагогических исследований в системе образования; – классификацию методов исследования; – этапы исследования.</p> <p><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.</p> <p><b>Владеть:</b> 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	15/15	-	-	-	15/15
• семинары и практические занятия	30/30	-	-	-	30/30
• лабораторные работы, практикумы	-	-	-	-	-
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
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144/144</b>	-	-	-	<b>144/144</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.

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

#### 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
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>63</b>	

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Тема 1.** Термодинамика фазовых превращений в однокомпонентных системах  
Возможные фазовые превращения.  
Гомогенное зарождение новой фазы.

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

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 «холодной стенкой». Преимущества CVD. Приложения.

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

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

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.

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.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Гомогенное зарождение новой фазы. Работа образования зародыша новой фазы в зависимости от радиуса и переохлаждения.

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

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:  $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  $\sigma_{ж-г} = 0,470 \text{ Дж/м}^2$ .
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:  $R=2 \text{ нм}$ ;  $E_g=1,45 \text{ эВ}$ ;  $m_e^*=0,096m_e$ ;  $m_h^*=0,63m_e$ ,  $\varepsilon=10,2$ .
- 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  $1653 \text{ K}$  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 запрещённой зоны.
23. Плазменная технология получения Me наночастиц. Получение НЧ Me в низкотемпературной плазме. Характеристики ВЧИ-плазмотронов.
24. Для железа теплота плавления  $\Delta H = 13,75 \text{ кДж/моль}$ ; 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

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

100 °С.

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 (C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> 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, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
1. Термодинамика фа-	• Проработка учебного материала с	8	тестирова-

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

зовых превращений в однокомпонентных системах.	использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul>		ние, 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> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к экзамену</li> </ul>	7	устный опрос, тестирование, экзамен
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

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

## 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. Библиотечник* 00П №1 *Тамбиев А.Ф.* | *АМ* |  
 Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

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

**б) программное обеспечение:**

Не предусмотрено

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:**

**1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / группа компаний Ай Пи Эр Медиа . - Электрон. дан. - Саратов , [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.

1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. – Москва , [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО Политехресурс. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.

1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. – С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО Знаниум. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /Компания «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2019].

3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс] : электронные журналы / ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

5. **Электронная библиотека диссертаций РГБ** [Электронный ресурс]: электронная библиотека / ФГБУ РГБ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

**6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Информационная система **Единое окно доступа к образовательным ресурсам**. Режим доступа: <http://window.edu.ru>

6.2. Федеральный портал **Российское образование**. Режим доступа: <http://www.edu.ru>

**7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа : <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>

7.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа : <http://edu.ulsu.ru>

Согласовано:

зам. кан. УСУУ | Ключков А.В. | [Подпись]

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.

## 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:

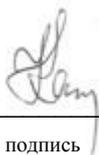
– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– 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