

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых  
и пищевых производств»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Ф.2 «Физико-химия наноструктурированных материалов»

направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий»

Формы обучения: очная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 2 з.е.

в академических часах: 72 ак.ч.

Энгельс 2024

Рабочая программа по дисциплине «Физико-химия наноструктурированных материалов» направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология» профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.05.01 «Химическая технология», утвержденным приказом Минобрнауки России приказ № 910 от 7 августа 2020 года.

Рабочая программа:

**обсуждена и рекомендована** к утверждению решением кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» от «06» июня 2024 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой ТОХП  /Левкина Н.Л./

**одобрена** на заседании УМКН от «14» июня 2024 г., протокол №5.

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л./

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: овладение магистратами теоретическими и экспериментальными данными о нанокластерах и наносистемах, методами исследования нанокластеров и поверхности твердого тела и микроскопическими и термодинамическими подходами к изучению нанокластеров и поверхности.

Задачи изучения дисциплины – изучение:

- классификации наноструктурированных материалов;
  - теории о строении и физико-химических свойствах наноструктурированных материалов;
  - современных экспериментальных методов исследования наноструктурированных материалов.
- физико-химических свойств наноструктурированных материалов.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Физико-химия наноструктурированных материалов» включена в факультативные дисциплины учебного плана ОПОП подготовки магистров по направлению 18.04.01 «Химическая технология».

Содержание дисциплины «Физико-химия наноструктурированных материалов» логически взаимосвязано с другими частями ООП, всеми видами практик. Приступая к изучению дисциплины «Физико-химия наноструктурированных материалов» будущий магистр должен знать основы физики, химии, материаловедения. Знания и умения, полученные в результате обучения по дисциплине необходимы для научно-исследовательской работы, прохождения практики, а также для выполнения выпускных квалификационных работ (ГИА).

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующей компетенции:

ПК-3 - способен осуществлять организационно-методическое и научно-техническое руководство работами по комплексному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<p>ПК-3 - способен осуществлять организационно-методическое и научно-техническое руководство работами по комплексному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов.</p>	<p><b>ИД-1<sub>ПК-3</sub></b> Способен изучать свойства и контролировать получение наноструктурированных композиционных материалов</p>	<p><b>Знать:</b> методологические подходы к разработке технологии получения наноструктурированных композиционных материалов.  <b>Уметь:</b> планировать экспериментальные работы, получения наноструктурированных материалов и интерпретации их свойств;  <b>Владеть:</b> профессиональными знаниями и практическими навыками руководства работами по комплексному контролю производства наноструктурированных композиционных материалов</p>

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	1,2	1	Вводная лекция	2	2				
2	3,4	2	Строение наноматериалов	22	4			2	16
3	5,6	3	Термодинамика наноматериалов	30	4			6	20
4	7-12	4	Физико-химические свойства наноматериалов	30	4			6	20
5	13-16	5	Экспериментальные методы исследования наноматериалов	24	2			2	20
			Итого	108	16			16	76

#### 5. Содержание лекционного курса

№ Темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно методическое обеспечение
1	2	1	<u>Вводная лекция</u> Краткая характеристика современных нанотехнологий и методов получения наноматериалов. Цели и содержание курса. Место курса в системе подготовки студентов.	1-13
2	4	2,3	<u>Строение наноматериалов</u> Атомное строение наночастиц. Понятия атомных кластеров, нанокластеров и наночастиц. Обзор данных по структуре кластеров простых веществ. Особенности симметрии кластеров. Число атомов в кластерах, магические кластеры. Методы получения кластеров, холодные и теплые кластеры. Углеродные кластеры и фуллерены.	1-13

			<p>Обзор данных по структуре наночастиц простых и двухкомпонентных веществ. Кристаллические и некристаллические структуры наночастиц, атомный беспорядок. Размер и форма наночастиц. Монодисперсные системы. Распределение частиц по размерам, нормальное, логнормальное. Шарообразные частицы, полые частицы (сферы), полые прутки (трубки). Углеродные нанотрубки. Аспектное отношение для частиц. Графен, многообразие форм углерода. Границы зерен в двух- и трехмерных наноматериалах. Понятия тройных точек, свободных объемов, нанопор. Поверхностные фазы. Структура границ в крупнокристаллических материалах, малоугловые границы, специальные границы. Дислокации, дисклинации. Структура границ в наноматериалах, больше-угловые границы.</p>	1-13
3	4	4,5	<p><u>Термодинамика наноматериалов.</u>  Термодинамическая стабильность. Понятия о равновесных и неравновесных состояниях. Замороженные и метастабильные состояния. Понятия о внутренней и свободной энергиях, понятие об энтропии. Избыточная энергия. Поверхностная энергия, давление Лапласа. Неравновесные процессы, описываемые в рамках равновесной термодинамики.  Зародышеобразование и рост частиц. Понятие о зародыше, критический размер зародыша. Теории зародышеобразования. Пересыщенные растворы, зарождение частиц нерастворимого вещества в водных растворах. Распад твердых растворов. Флуктуации, диффузия атомов и переход системы в термодинамическое равновесие.</p>	1-13

			Рост наночастиц при увеличении температуры, рекристаллизация. Консервативная самоорганизация наночастиц. Равновесная и неравновесная термодинамики. Понятия о консервативной и динамической самоорганизациях. Ковалентная и нековалентная самоорганизация.	
4	4	6,7	<p><u>Физико-химические свойства наноматериалов.</u></p> <p>Межатомные расстояния и температура плавления. Межатомные расстояния в кристаллических, некристаллических и нанокристаллических веществах. Релаксация атомов на поверхности наночастиц. Особенности фононного спектра неупорядоченных и наноструктурированных твердых веществ. Отличие теплоемкости кристаллических и нанокристаллических материалов. Зависимость температуры плавления наночастиц от их размера. Механические свойства наноматериалов. Упругость, твердость и пластичность. Дислокационный механизм пластичности. Понятия твердости, микротвердости и нанотвердости. Вязкость и предел текучести твердых веществ. Суть закона Холла-Петча. Методы интенсивной пластической деформации: равноканальное угловое прессование и кручение под давлением. Твердость материалов, упрочненных наночастицами. Взаимозависимость твердости и пластичности в крупнокристаллических и наноструктурированных материалах. Оптические свойства и фотоника. Понятия пропускания, абсорбции и оптической плотности. Фундаментальный край поглощения. Зависимость ширины запрещенной зоны в полупроводнике от его размеров, синий сдвиг. Понятие фотоники, основные направления ее развития.</p>	1-13

5	2	8	<p><u>Экспериментальные методы исследования наноматериалов.</u>  Флуоресцентная оптическая микроскопия.  Зондовая микроскопия для исследования структуры поверхности наноматериалов.  Дифракционные методы для определения областей когерентного рассеяния и микродеформаций.  Синхротронные методы для исследования формирования наноматериалов</p>	1-13
---	---	---	--	------

### 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы учебным планом не предусмотрены.

### 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно- методическое обеспечение
2	2	1	<p><u>Строение наноматериалов</u>  Фазовые превращения в межзеренном пространстве, смешанные агрегатные состояния. Фазовые превращения в объемных материалах</p>	1-13
3	6	2	<p><u>Термодинамика наноматериалов</u>  Фотонные кристаллы. Опалесценция.  Методы стабилизации наноматериалов.  Коллоидные растворы. Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ультразвука для стабилизации и дестабилизации растворов наночастиц.  Стабилизация наночастиц в органических жидкостях. Пришивка органических молекул к неорганическим наночастицам. Отрицательный и положительный дзетапотенциалы в растворах.  Введение ингибиторов роста зерен в трехмерные материалы.</p>	1-13



4	6	3,4	<u>Физико-химические свойства наноматериалов</u> Каталитическая активность наноматериалов. Понятие нанокатализаторов. Нанофотокатализаторы для очистки и расщепления воды. Зеленая химия и водородная энергетика. Каталитическая активность и квантовая эффективность фотокатализаторов. Экологически чистые фотокатализаторы на основе диоксида титана.	1-13
5	2	5,6	<u>Экспериментальные методы исследования наноматериалов</u> Предел разрешения зондовых микроскопов. Зондовая микроскопия и супрамолекулярная архитектура. Интерпретация данных высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии.	1-13

### 8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания) изучения	Учено-методическое обеспечение
2	16	Понятия о равновесных и неравновесных состояниях. Замороженные и метастабильные состояния. Наносостояние.	1-13
3	20	Понятия о внутренней и свободной энергиях, понятие об энтропии. Избыточная энергия наночастиц и наноматериалов. Понятие о зародыше, критический размер зародыша. Теории зародышеобразования. Пересыщенные растворы, зарождение частиц нерастворимого вещества в водных растворах.	1-13
4	20	Флуктуации, диффузия атомов и переход системы в термодинамическое равновесие. Рост наночастиц при увеличении	1-13

		<p>температуры, рекристаллизация. Ковалентная и нековалентная самоорганизация. Фотонные кристаллы. Опалесценция. Равновесная и неравновесная термодинамики. Понятия о консервативной и динамической самоорганизациях. Самоорганизация и самосборка наночастиц. Поверхностная энергия, давление Лапласа. Коллоидные растворы. Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ультразвука для стабилизации и дестабилизации растворов наночастиц. Стабилизация наночастиц в органических жидкостях. Пришивка органических молекул к неорганическим наночастицам. Отрицательный и положительный дзета-потенциалы в растворах. Введение ингибиторов роста зерен в трехмерные материалы. Распад твердых растворов. Наноструктурирование твердых растворов</p>	
5	20	<p>Дифракционные методы для определения областей когерентного рассеяния и микродеформаций. Синхротронные методы для исследования формирования наноматериалов. Аннигиляция позитронов для анализа атомных дефектов и свободных объемов</p>	1-13

### 10. Расчетно-графическая работа

Учебным планом не предусмотрена

### 11. Курсовая работа

Учебным планом не предусмотрена

### 12. Курсовой проект

Учебным планом не предусмотрена

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Современное состояние и проблемы в области нанотехнологий» должна быть сформирована компетенция ПК-3.

#### Уровни освоения компетенции

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	знает и понимает теоретический материал с незначительными пробелами
	не достаточно умеет применять практические знания в конкретных ситуациях
	низкое качество выполнения учебных заданий (не выполнены, либо оценены числом баллов, близким к минимальному); низкий уровень мотивации учения; несформированность некоторых практических навыков при применении знаний в конкретных ситуациях
Продвинутый (хорошо)	знает и понимает теоретический материал достаточно полно, без пробелов
	не достаточно умеет применять практические знания в конкретных ситуациях
	достаточное качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий (ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками); средний уровень мотивации учения; недостаточная сформированность некоторых практических навыков при применении знаний в конкретных ситуациях
Высокий (отлично)	знает и понимает теоретический материал в полном объеме, без пробелов
	Полностью сформированы необходимые практические умения при применении знаний в конкретных ситуациях
	высокое качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий (оценены числом баллов, близким к максимальному); высокий уровень мотивации учения; сформированность необходимых практических навыков при применении знаний в конкретных ситуациях

Для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенции, в процессе освоения дисциплины используются средства текущего контроля и промежуточной аттестации в виде зачета.

Оценочные средства для текущего контроля включают собеседование, устный опрос, беседа.

Собеседование и устный опрос проводится по темам дисциплины в устной форме. Оно позволяет определить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

#### Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки	Оценка	Критерий выставления оценки
Двухбалльная шкала	Зачтено	Обучающийся ответил на теоретические вопросы. Показал знания в рамках учебного материала. Выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала
	Незачтено	Обучающиеся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

#### Вопросы к зачету

1. Понятия атомных кластеров, нанокластеров и наночастиц.
2. Обзор данных по структуре кластеров простых веществ.
3. Особенности симметрии кластеров.
4. Число атомов в кластерах, магические кластеры.
5. Методы получения кластеров, холодные и теплые кластеры. Углеродные кластеры и фуллерены.
6. Обзор данных по структуре наночастиц простых и двухкомпонентных веществ.
7. Кристаллические и некристаллические структуры наночастиц, атомный беспорядок.

8. Монодисперсные системы. Распределение частиц по размерам, нормальное, логнормальное.
9. Шарообразные частицы, полые частицы (сферы), полые прутки (трубки). Углеродные нанотрубки. Аспектное отношение для частиц. Графен, многообразие форм углерода.
10. Понятия тройных точек, свободных объемов, нанопор. Поверхностные фазы.
11. Структура границ в крупно-кристаллических материалах, малоугловые границы, специальные границы. Дислокации, дисклинации.
12. Структура границ в наноматериалах, больше-угловые границы. Фазовые превращения в межзеренном пространстве, смешанные агрегатные состояния.
13. Фазовые превращения в объемных материалах.
14. Электронная и фононная подсистемы твердого тела. Типы химических связей.
15. Основное состояние. Модель свободных и почти свободных электронов для твердого тела. Зависимость числа электронных состояний от числа атомов в твердом теле.
16. Понятия металлов и диэлектриков. Влияние температуры. Определения для полуметаллов и полупроводников.
17. Сильно-связанные и слабосвязанные экситоны, радиус экситона. Радиус обменного взаимодействия. Суперпарамагнетизм магнитных наночастиц.
18. Твердые и мягкие наномагнетики. Особенности физического и химического взаимодействия между наночастицами.
19. Электронные спектры атомов, молекул и твердого тела. Боровский радиус экситона в слабо-связанном полупроводнике.
20. Теория конфайнмента экситона в наночастице. Квантово-размерные эффекты. Синее смещение спектра флуоресценции.
21. Дискретность электронного спектра квантовой точки. Фотолюминесценция и флуоресценция, фосфоресценция.
22. Понятие экситонного пика, положение пика на спектре флуоресценции в зависимости от размера квантовой точки и ее формы.
23. Дефектные и поверхностные пики в спектрах фотолюминесценции. Квантовый выход. Мультиэкситонные и биэкситонные переходы.
24. Гетероструктуры. Коллоидные квантовые точки. Использование квантовых точек в технике, медицине и биологии.
25. Понятия о равновесных и неравновесных состояниях. Замороженные и метастабильные состояния. Понятия о внутренней и свободной энергиях, понятие об энтропии.
26. Избыточная энергия. Поверхностная энергия, давление Лапласа. Неравновесные процессы, описываемые в рамках равновесной термодинамики.
27. Понятие о зародыше, критический размер зародыша. Теории зародышеобразования.
28. Пересыщенные растворы, зарождение частиц нерастворимого вещества в водных растворах. Распад твердых растворов.

29. Флуктуации, диффузия атомов и переход системы в термодинамическое равновесие. Рост наночастиц при увеличении температуры, рекристаллизация.

30. Равновесная и неравновесная термодинамика. Понятия о консервативной и динамической самоорганизациях.

31. Ковалентная и нековалентная самоорганизация. Фотонные кристаллы. Опалесценция.

32. Коллоидные растворы. Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ультразвука для стабилизации и дестабилизации растворов наночастиц.

33. Стабилизация наночастиц в органических жидкостях. Пришивка органических молекул к неорганическим наночастицам.

34. Отрицательный и положительный дзета-потенциалы в растворах. Введение ингибиторов роста зерен в трехмерные материалы.

35. Межатомные расстояния в кристаллических, некристаллических и нанокристаллических веществах. Релаксация атомов на поверхности наночастиц.

36. Особенности фононного спектра неупорядоченных и наноструктурированных твердых веществ.

37. Отличие теплоемкости кристаллических и нанокристаллических материалов. Зависимость температуры плавления наночастиц от их размера.

38. Упругость, твердость и пластичность. Дислокационный механизм пластичности. Понятия твердости, микротвердости и нанотвердости.

39. Вязкость и предел текучести твердых веществ. Суть закона Холла-Петча.

40. Методы интенсивной пластической деформации: равноканальное угловое прессование и кручение под давлением. Твердость материалов, упрочненных наночастицами.

41. Взаимозависимость твердости и пластичности в крупнокристаллических и наноструктурированных материалах.

42. Однодоменные наночастицы. Суперпарамагнетизм наночастиц. Сильные и слабые наноструктурированные магниты. Гигантское магнетосопротивление в гетероструктурах.

43. Использование квантовых состояний электронов в спинтронике. Основные направления развития спинтроники.

44. Понятия пропускания, абсорбции и оптической плотности. Фундаментальный край поглощения.

45. Зависимость ширины запрещенной зоны в полупроводнике от его размеров, синий сдвиг. Понятие фотоники, основные направления ее развития.

46. Понятия люминесценции, флуоресценции и фосфоресценции. Экситонный пик флуоресценции, синий сдвиг флуоресценции в наночастицах.

47. Понятие нанокатализаторов. Нанофотокатализаторы для очистки и расщепления воды. Зеленая химия и водородная энергетика.

49. Каталитическая активность и квантовая эффективность фотокатализаторов. Экологически чистые фотокатализаторы на основе диоксида титана.

## 14. Образовательные технологии

В соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода осуществляется с широким использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой (разбор конкретных ситуаций). Удельный вес таких занятий составляет более 20% (в составе лабораторных аудиторных занятий). Дополнительно разбор конкретных ситуаций выполняется в рамках самостоятельной внеаудиторной работы студента.

Проведение лекций предусмотрено с помощью компьютерной графики. Проведение практических занятий полностью базируется на индивидуальном общении с каждым студентом, то есть осуществляется в интерактивной форме: выдача и объяснение задач, определение пути решения. Предусмотрены задания для аудиторной и внеаудиторной работы

Для каждого вида занятий при расчёте трудоемкости предусмотрены не только часы аудиторных занятий, но и определённое количество часов СРС: изучение теории, выполнение внеаудиторных заданий по практическим занятиям, обработка результатов лабораторных работ.

## 15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

### Литература

1. Сергеева Е.А., Композиционные наноматериалы : учебное пособие / Е.А. Сергеева, Ю.А. Тимошина - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 152 с. - ISBN 978-5-7882-2257-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: - Режим доступа: по подписке. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222578.html>

2. Рыжонков Д.И., Наноматериалы : учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури - М. : Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. (Нанотехнологии) - ISBN 978-5-00101-474-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL - Режим доступа: по подписке. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014744.html>

3. Елисеев А.А., Функциональные наноматериалы / Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111201.html> - Режим доступа : по подписке.

4. Тарасова Н.В. Оптические методы исследований наноматериалов и наносистем [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем»/ Тарасова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017.— 23 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74408.html> — ЭБС «IPRbooks»

5. Шабатина Т.И. Нанохимия и наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шабатина Т.И., Голубев А.М.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени

Н.Э. Баумана, 2014.— 64 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/30893.html> — ЭБС «IPRbooks»

6. Дзидзигури Э.Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дзидзигури Э.Л., Сидорова Е.Н.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский Дом МИСиС, 2012. – 71с. -Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/56215.html> — ЭБС «IPRbooks»

7. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Раков Э.Г.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Лаборатория знаний, 2020.— 478 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/24143.html> — ЭБС «IPRbooks»

8. Гусев А.И., Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / Гусев А. И. - 2-е изд., испр., - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105828.html> (дата обращения: 22.05.2020). - Режим доступа : по подписке.

9. Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.А. Андриевский - М.: Лаборатория знаний, 2016.- - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014188.html> (дата обращения: 22.05.2020). - Режим доступа : по подписке.

10. Мишина Е.Д., Методы получения и исследования наноматериалов и нано-структур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е.Д. Мишина и др.; под ред. А.С. Сигова. - 4-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2014. - 184 с. - ISBN 978-5-9963-2360-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL:

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323609.html> - Режим доступа : по подписке.

11. Мишина Е.Д., Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е.Д. Мишина, Н.Э. Шерстюк, А.А. Евдокимов, В.О. Вальднер, С.А. Григорьев, Т.В. Долгова, Н.М. Дроздова, А.А. Ежов, Н.И. Ершова, П.Н. Лускинович, В.И. Панов, В.И. Свитов, С.В. Семин, А.И. Стогний, А.А. Федянин, М.Р. Щербаков - М. : Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-473-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014737.html> - Режим доступа : по подписке.

Сигова А.С., Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям / А.С. Сигова. - М. : БИНОМ, 2011. - 146 с. - ISBN 978-5-9963-2198-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321988.html> - Режим доступа : по подписке.

12. Блинков И.В., Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии : Лаб. практикум / И.В. Блинков, С.В. Добаткин, Д.В. Кузнецов,



М.Р. Филонов, А.О. Волхонский. - М. : МИСиС, 2010. - 36 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: [https://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_297.html](https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_297.html)

13. Кузнецов Г.Д., Процессы микро- и нанотехнологии. Ионно-плазменные процессы : Лаб. практикум / Г.Д. Кузнецов, С.П. Курочка, А.Р. Кушхов и др. - М. : МИСиС, 2007. - 141 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : [https://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_296.html](https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_296.html)

## **16. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### *Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 40 столов, 80 стульев; рабочее место преподавателя; меловая доска; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, системный блок (Atom2550/4Гб/500, клавиатура, мышь) подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

### *Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций*

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 22 стола, 44 стула; рабочее место преподавателя; маркерная доска; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук Lenovo 560 (I3/4Гб/500, мышь), подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

## 17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /