

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Кафедра «Приборостроение»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине Б1.В.ДВ2.1
«Нанотехнологии»

направления подготовки
11.06.01 "Электроника, радиотехника и системы связи"
квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

форма обучения - очная
курс – 3
семестры – 6
зачетных единиц – 2
всего часов – 72,
в том числе:
лекции –18
коллоквиумы – нет
практические занятия – нет
лабораторные занятия - нет
самостоятельная работа – 54
часов в неделю – 2
зачет – 6 семестр

Саратов, 2015

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью специальной дисциплины «Нанотехнологии» является ознакомление студентов с новейшими достижениями и направлениями развития в современной междисциплинарной области практических научных знаний.

Задачи дисциплины:

- изучение эффектов, определяющих особые закономерности протекания различных физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров;
- обзор различных нанотехнологических процессов создания наноматериалов;
- ознакомление с современными достижениями по созданию и применению наноустройств;
- обзор основных тенденций развития нанотехнологий в мире;
- знакомство с современными экспериментальными средствами исследования материалов с нанометровым пространственным разрешением.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Данная учебная дисциплина входит в вариативную часть дисциплин учебного плана подготовки аспирантов по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в результате изучения курсов «Нано- и микроэлектроника», «Физика твердого тела», «Преподавательская деятельность в ВУЗе», «Профессионально-ориентированная коммуникация в системе высшего образования».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, используются при изучении следующих дисциплин: «Нанофотоника / Оптоэлектроника», «Применение микро- и нанoeлектроники в сенсорике/Квантово-размерные структуры», «Физика и техника наноструктур», «Исследование и моделирование функциональных и эксплуатационных характеристик приборов микро- и нанoeлектроники».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при прохождении Научно-исследовательской деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Изучение дисциплины «Нанотехнологии» направлено на формирование следующих компетенций.

3.1 Профессиональными компетенциями:

готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях (ПК-1);

способность к разработке феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов (ПК-2);

готовность к применению современных компьютерных методов обработки и анализа данных и систем автоматизации эксперимента в физических исследованиях (ПК-3);

способность к нахождению и использованию аналогий между различными физическими явлениями применительно к анализу исследуемых физических явлений и процессов (ПК-4);

3.2 общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

способностью самостоятельно осуществлять научно – исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

В результате освоения дисциплины "Нанотехнологии":

Аспирант должен знать:

Особенности физико-химии наноразмерных состояний объектов, наноматериалов и наносистем;

основные виды нанообъектов и наноматериалов;

методы и технологии получения наноматериалов со специальными свойствами (нанотрубки, наночастицы, нанокompозиты и т.д.);

математические методы, позволяющие адекватно построить математическую модель прибора или устройства на основе наноразмерных элементов.

Аспирант должен уметь:

Прогнозировать устойчивость нанообъектов и наноматериалов и их физико-химические свойства;

применять полученные знания для разработки новых наноструктурированных устройств;

применять физические законы для решения практических задач нанотехнологии;

выделять главное содержание исследуемого физического явления и выбирать оптимальную физическую модель его описания, позволяющую рассчитать адекватные характеристики прибора;

Аспирант должен владеть:

Фундаментальными знаниями о специфике поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне.

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

№ недели	№ темы	Наименование темы	Часов					
			Всего	лек.	колл.	л.з.	пр.з.	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	1	Основные понятия и определения нанотехнологии	8	2	-	-	-	6
3-4	2	Углеродные наноструктуры	10	4	-	-	-	6
5-6	3	Консолидированные наноматериалы	10	2	-	-	-	8
7-8	4	Молекулярные нанотехнологии	8	2	-	-	-	6
9-10	5	Нанотехнологии в сегнетоэлектриках	10	2	-	-	-	18
11-12	6	Проблемы экологии и этики в развитии нанотехнологий	8	2	-	-	-	6
13-16	7	Основные технологические процессы	8	4	-	-	-	4
17-18	8	Электронная микроскопии	10	2	-	-	-	8
Всего			72	18	-	-	-	54

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
5-ый семестр.				
1	2	1	Краткий обзор содержания курса. Введение и терминология. Основные этапы развития нанотехнологий. Особенности поведения объектов наномира. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Примеры наноматериалов и наноустройств. Примеры нанотехнологических процессов: нанопечатная литография, литографически индуцированная самосборка. Обзор русскоязычной учебно-научной литературы по проблемам нанотехнологий.	[1]-[3],[5]
2	4	2	Основные физико-химические свойства углерода, углеродная связь, гибридизация. Аллотропные формы углерода: графит, алмаз, карбин, графен, аморфный углерод, фуллерены, нанотрубки. История открытия фуллеренов, связь с астрофизическими исследованиями. Структура фуллеренов C ₆₀ и C ₇₀ : геометрия, тип связей, формула Эйлера. Другие кластеры углерода. Методы синтеза и очистки фуллеренов. Получение нанотрубок. Методы дугового разряда, лазерного испарения, осаждения из газовой фазы. Возможности методов по синтезу однослойных и многослойных нанотрубок, литографическое задание точек роста. Стадии очистки нанотрубок. Основные механические, электрические и магнитные свойства нанотрубок. Применение нанотрубок. Другие углеродные наноструктуры, углеродные нанолуковицы. Нанотрубки других материалов: дисульфид вольфрама, хризотил.	[2]-[4],[5],[9]
3	2	3	Классификация твердых тел по агрегатному состоянию: моно- и поликристаллические материалы, аморфные материалы. Нанокристаллическое состояние как переход от аморфного состояния к поликристаллическому. Особенности структуры	[1]-6,[10]

			<p>зерен и межзеренного вещества в нанокристаллических материалах.</p> <p>Методы получения нанокристаллических материалов. Осаждение из газовой и жидкой фазы. Быстрое отвердевание из расплава. Интенсивные пластические деформации. Рекристаллизация из аморфного состояния. Преимущества и недостатки различных методик.</p> <p>Основные физические свойства нанокристаллических материалов: механическая прочность и пластичность, диффузионные свойства. Метастабильность нанокристаллического состояния. Основные применения нанокристаллических материалов.</p>	
4	2	4	<p>Задачи молекулярных нанотехнологий. Понятия механосинтеза, авто- и самосборки.</p> <p>Рассмотрение работы молекулярных ассемблеров на примере биологических систем: биосинтез белка, процессы транскрипции и трансляции, роль ДНК. Устройство ДНК чипов и других устройств на основе ДНК.</p> <p>Простейшие молекулярные машины на примере супрамолекулярных систем: псевдоротакасы, ротакасы и катенаны. Способы управления молекулярными машинами.</p> <p>Концепция нанофабрики. Нанофабрика Криса Феникса. Фабрикатеры на базе платформ Стюарта и Меркле. Идея конструкционного тумана.</p>	[2]-[4],[7],[9]
5	2	5	<p>Общие сведения о сегнетоэлектриках, доменной структуре и процессе переключения поляризации. Основные направления развития нанотехнологий в сегнетоэлектриках: сегнетоэлектрические наноструктуры и нанодоменная инженерия. Использование нанодоменной инженерии для построения нелинейно-оптических устройств и устройств хранения информации со сверхвысокой плотностью записи. Самоорганизованное формирование нанодоменных структур в неравновесных внешних условиях.</p>	[2-4],[5]
6	6	6-7	<p>Новые возможности и потенциальные риски, связанные с развитием нанотехнологий: окружающая среда, уровень жизни, медицина, общество. Проблема токсичности наночастиц и загрязнения окружающей среды на стадиях производства, эксплуатации и утилизации наноматериалов. Нанотехнологии для развивающихся стран – двигатель развития или причина дальнейшего отставания.</p>	[1],[4],[5]
7	2	8	<p>Введение в технологии чистоты. Определение термина «чистое помещение». Роль чистых помещений в развитии науки и техники, в частности в нанотехнологии. Принципы построения чистых помещений. История чистых помещений. Стандарты классификации чистых помещений. Класс чистоты помещения. Классификация чистых помещений по типам воздухообмена. Турбулентные чистые помещения. Чистые помещения с однонаправленным движением воздуха. Характеристики воздухообмена. Способы снижения издержек, изоляторы, мини-зоны.</p> <p>Введение, определение понятий «микролитография» и «нанолитография». Типы микро- и нанолитографии. Технологический процесс фотолитографии. Резисты. Фотошаблоны. Экспозиция. Разрешение фотолитографии.</p>	[1]-[5]
8	2	9	<p>Введение в электронную микроскопию. Идея электронного микроскопа. История создания. Особенности электронных микроскопов. Методы получения изображения. Элементы электронного микроскопа и их основные параметры. Длина волны электронов и ее зависимость от ускоряющего напряжения. Классификация электронных микроскопов.</p> <p>Механизмы контраста в электронном микроскопе. Взаимодействие электронов с веществом. Вторичные эффекты.</p>	[1],[3],[9],[10]

			Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Получение пучка электронов. Держатель образца. Основные режимы работы ПЭМ. Амплитудный контраст. Дифракция электронов в ПЭМ. Особенности дифракционных измерений в ПЭМ. ПЭМ высокого разрешения, фазовый контраст. Высоковольтный ПЭМ. Сканирующий ПЭМ.	
--	--	--	---	--

6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы не предусмотрены.

7. Перечень практических занятий.

Практические занятия не предусмотрены.

8. Перечень лабораторных работ.

Лабораторные работы не предусмотрены.

9. Задания для самостоятельной работы аспирантов.

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1-2	18	Основные физико-химические свойства фуллеренов. Соединения на основе фуллеренов: фуллероиды, фуллериты, фуллериды, интеркаллированные и эндоэдральные структуры. Области применения фуллеренов. Структура одностенных нанотрубок, индексы хиральности, основные типы хиральности. Архитипичные нанотрубки. Структура многослойных нанотрубок: трубки типа свиток, коаксиально вложенные нанотрубки, канаты из нанотрубок. Дефекты в структуре нанотрубок и их влияние на геометрию и проводимость нанотрубок. Нанокompозиты: от алхимии к современным нанотехнологиям. Основные применения нанокompозитов. Субнанопористые и нанопористые материалы на основе цеолитов. Пористый кремний. Наноферромагнетики, суперпарамагнетизм, наномангнитные жидкости. Нанокompозиты с гигантским магнитосопротивлением.	[1]-[5],[11-21]
3-6	34	Новые возможности медицины, становление сверхчеловека. Военные применения нанотехнологий – гуманизация или новые угрозы. Конструкционные материалы для чистых помещений. Высокоэффективная фильтрация воздуха. Определение концентрации частиц. Основы эксплуатации чистых помещений. Одежда для чистых помещений и дополнительные компоненты чистых помещений.	[3],[6]-[9],[11-21]
7-8	20	Эволюция методов фотолитографии. Современная фотолитография. Литография в области глубокого УФ, рентгеновская и электронная литография. Электронная литография с прямой записью электронным пучком. Нанолитография. Оптические методы нанолитографии. Нанолитография с помощью СЗМ. Наноимпринт литография. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (РЭМ) Сигналы в РЭМ. Электроны. Топографический контраст. Другие методы контраста. Химический и структурный анализ с помощью РЭМ, микроанализ. Сопутствующие методики: сфокусированный электронный пучок, ионный и электронный полевые проекционные микроскопы. Низковакуумные РЭМ, РЭМ работающие в режиме естественной среды. Применения в биологии.	[5],[6]-[8],[11-21]
<i>Всего часов:54</i>			

10. Расчетно-графическая работа – нет.

11. Курсовая работа – нет.

12. Курсовой проект – нет.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Карта компетенций дисциплины «Нанотехнологии»					
Компетенции		Перечень компонентов	Технологии и формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно – исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)	<p><u>Знать:</u> Основные разделы современной Нанотехнологии</p> <p><u>Уметь:</u> Сформулировать цель и задачи исследования. Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в учебной и научной литературе.</p> <p><u>Владеть:</u> Навыком самостоятельной работы в области учебной и научной работы. Навыком применения знаний полученных в ходе лекционных и практических занятий.</p>	Лекции, СРС.	1. Устный ответ. 2. Зачет.	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает:</u> основные физические понятия, основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике <u>Умеет:</u> пользоваться методической и вспомогательной литературой для осуществления решения задач. <u>Владеет:</u> Навыком самостоятельной работы в области учебной работы.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает:</u> понимает связи между различными физическими понятиями; аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи <u>Умеет:</u> Применять методы решения задач в различных ситуациях; умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения предметной области знания. Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Пользоваться данными экспериментальных исследований для осуществления расчетов. <u>Владеет:</u> Навыком самостоятельной работы в области научной и учебной работы.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Устанавливает связи</p>

					<p>между физическими идеями, теориями.</p> <p><u>Умеет:</u> Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Оценивать достоверность полученного решения задачи; оценивает различные методы решения задачи и выбирает оптимальный метод. Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в научной литературе.</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания. Навыком применения знаний полученных в ходе лекционных, практических занятий.</p>
ПК-1	<p>готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p><u>Знать</u> Основные методы теоретических и экспериментальных исследований, применяемые в современной нанотехнологии.</p> <p><u>Уметь</u> Выполнять расчеты параметров динамических систем.</p> <p><u>Владеть</u> Математическим аппаратом, используемым при проведении расчетов в нелинейной физической механике и смежных областях.</p>	Лекции, СРС.	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает:</u> основные физические понятия, основные методы решения типовых задач нанотехнологии.</p> <p><u>Умеет:</u> пользоваться методической и справочной литературой для решения задач нанотехнологии.</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком самостоятельного решения задач, приведенных в учебной литературе по нанотехнологии.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает:</u> понимает связи между различными физическими понятиями нанотехнологии; аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи.</p>

					<p><u>Умеет:</u> Применять методы решения задач в различных ситуациях; умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения нанотехнологии. Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Пользоваться данными экспериментальных исследований для осуществления расчетов.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Устанавливает связи между физическими идеями из области нанотехнологии.</p> <p><u>Умеет:</u> Пользоваться научной литературой для осуществления расчетов. Оценивать достоверность полученного решения задачи; оценивает различные методы решения задач по нанотехнологии. Анализировать и делать выводы на основе материала приводимого в научной литературе..</p> <p><u>Владеет:</u> Навыком передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания, а также навыком использования полученных результатов в междисциплинарных областях.</p>
ПК-2	способность к разработке феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов	<u>Знает</u> Математические и физические методы, используемые при построении феноменологических и конструктивных моделей исследуемых физических явлений и процессов.	Лекции, Практические занятия, СРС.	1. Устный ответ. 2. Зачет.	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Примеры феноменологических и конструктивных моделей, которые используются в предметной области.</p> <p><u>Умеет</u> Обосновать выбор</p>

		<p><u>Умеет</u> Подобрать феноменологические параметры для адекватного описания исследуемого явления, или процесса.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения дифференциальных уравнений, устанавливающих связи между основными феноменологическими параметрами.</p>			<p>феноменологических параметров в наиболее часто используемых моделях.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками для решения Дифференциальных уравнений и их систем, которые используются в предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Математические методы необходимые для построения простых моделей в предметной области</p> <p><u>Умеет</u> Подобрать параметры необходимые для описания простых явлений в предметной области.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения дифференциальных уравнений, необходимых для описания простейших процессов.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Математические и физические методы необходимые для построения сложных моделей в предметной области</p> <p><u>Умеет</u> Подобрать феноменологические параметры необходимые для описания сложных явлений в предметной области.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения дифференциальных уравнений, необходимых для описания сложных явлений и процессов.</p>
ПК-3	готовность к применению современных компьютерных	<u>Знает</u> Современные компьютерные методы обработки и анализа	Лекции, Практические занятия, СРС.	1. Устный ответ. 2. Зачет.	<u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Основные

	<p>методов обработки и анализа данных и систем автоматизации эксперимента в физических исследованиях</p>	<p>данных.</p> <p><u>Умеет</u> Применять на практике компьютерные методы обработки и анализа данных.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками автоматизации эксперимента в физических исследованиях</p>		<p>математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Основные математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных, а также важнейшие понятия математической статистики.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab. Находить числовые характеристики выборок и строить эмпирические распределения</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования, а также</p>
--	--	---	--	--

					<p>группировки и графического представления (построения гистограмм) с использованием Matlab.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Основные математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных, а также важнейшие понятия математической статистики и методы получения точечных оценок.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать специальные функции ввода данных из файла на диске и вывода данных в файл, используемые в Matlab. Находить числовые характеристики выборок и строить эмпирические распределения, а также находить точечные оценки параметров равномерного распределения.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками первичной обработки данных, состоящей в отыскании максимального и минимального значения выборки, а также в построении вариационного ряда и определения размаха варьирования, а также группировки и графического представления (построения гистограмм).</p>
ПК-4	<p>способность к нахождению и использованию аналогий между различными физическими явлениями применительно к анализу исследуемых физических явлений и процессов</p>	<p><u>Знает</u> Примеры аналогий между различными физическими явлениями.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями и</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными</p>

		<p>процессами на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями.</p>		<p>физическими явлениями и процессами в рамках одной предметной области на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области, а также близких предметных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями и процессами в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области, а также близких предметных областей.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Примеры аналогий между различными явлениями из одной предметной области, близких предметных областей, а также удаленных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать аналогии между различными физическими явлениями</p>
--	--	---	--	---

					<p>и процессами в рамках одной предметной области, близких предметных областей, а также удаленных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на аналогии с ранее изученными явлениями в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей.</p>
ПК-5	<p>способность к нахождению взаимосвязей между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов</p>	<p><u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между характеристиками различных физических явлений и процессов на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математической модели физического явления, основанной на взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов, используемыми в рамках различных подходов.</p>	<p>Лекции, Практические занятия, СРС</p>	<p>1. Устный ответ. 2. Зачет.</p>	<p><u>Пороговый (удовлетворительно)</u> <u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области.</p> <p><u>Продвинутый (хорошо)</u> <u>Знает</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области, а также из близких предметных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между</p>

					<p>характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области, а также из близких предметных областей.</p> <p><u>Высокий (отлично)</u> <u>Знает:</u> Примеры взаимосвязей между характеристиками физических явлений в рамках подходов из одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей.</p> <p><u>Умеет</u> Использовать взаимосвязи между характеристиками физических явлений и процессов в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей на практике.</p> <p><u>Владеет</u> Навыками построения математических моделей, основанных на взаимосвязи между характеристиками физических явлений в рамках одной предметной области, близких, а также удаленных предметных областей.</p>
--	--	--	--	--	--

**Вопросы для зачета
6-ый семестр**

1. История развития нанотехнологий. Основные определения: нанонаука, нанотехнология, наноинженерия, наноконсолидированные материалы.
2. Место объектов наномира на общей шкале размеров. Пространственная размерность нанообъектов. Общие закономерности поведения нанообъектов.
3. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх» к получению наноматериалов. Понятия автосборки и самосборки и примеры их реализации. Понятие молекулярного ассемблера.

4. Основные физико-химические свойства углерода, углеродная связь, гибридизация. Аллотропные формы углерода.
5. Структура графита, связь с его физическими свойствами.
6. Структура алмаза, связь с его физическими свойствами.
7. История открытия фуллеренов, связь с астрофизическими исследованиями.
8. Структура фуллеренов C₆₀ и C₇₀: геометрия, тип связей, формула Эйлера.
9. Методы синтеза и очистки фуллеренов.
10. Основные физико-химические свойства фуллеренов. Соединения на основе фуллеренов.
11. Фуллериты и фуллериды: структура, фазовые переходы.
12. Эндоэдральные структуры фуллеренов: методы получения и перспективы применения.
13. Области применения фуллеренов.
14. Структура одностенных углеродных нанотрубок, индексы хиральности, основные типы хиральности. Архитипичные нанотрубки.
15. Структура многослойных углеродных нанотрубок.
16. Дефекты в структуре углеродных нанотрубок и их влияние на геометрию и проводимость нанотрубок.
17. Механические свойства углеродных нанотрубок.
18. Электропроводность углеродных нанотрубок.
19. Магнитные свойства углеродных нанотрубок.
20. Метод дугового разряда для синтеза углеродных нанотрубок.
21. Метод лазерного испарения для синтеза углеродных нанотрубок.
22. Метод осаждения из газовой фазы для синтеза углеродных нанотрубок.
23. Стадии очистки углеродных нанотрубок.
24. Основные применения углеродных нанотрубок.
25. Углеродные нанолуковицы: условия наблюдения, стабильность.
26. Структура неуглеродных нанотрубок: дисульфид вольфрама, хризотил.
27. Нанокристаллические материалы. Нанокристаллическое состояние как переход от аморфного состояния к поликристаллическому. Особенности структуры зерен и межзеренного вещества в нанокристаллических материалах.
28. Методы получения нанокристаллических материалов осаждением из газовой и жидкой фазы. Недостатки методик.
29. Методы получения нанокристаллических материалов быстрым отверждением из расплава.
30. Метод интенсивных пластических деформаций для получения нанокристаллических материалов.
31. Рекристаллизация из аморфного состояния как метод получения нанокристаллических материалов.
32. Метастабильность нанокристаллического состояния, особенности рекристаллизации.
33. Основные физические свойства нанокристаллических материалов: механическая прочность и пластичность, диффузионные свойства.
34. Основные применения нанокристаллических материалов.
35. Субнанопористые и нанопористые материалы на основе цеолитов, их применение.
36. Пористый кремний: методы получения, особые свойства и применение.
37. Наноферромагнетики, суперпарамагнетизм, наномагнитные жидкости.
38. Наноконкомпозиты с гигантским магнитосопротивлением.
39. Задачи молекулярных нанотехнологий. Понятия механосинтеза, авто- и самосборки.
40. Рассмотрение работы молекулярных ассемблеров на примере биологических систем. Понятия ДНК, ген, биосинтез.
41. Стадии транскрипции и трансляции при биосинтезе белка.
42. Устройство и принцип действия ДНК чипов.
43. Супрамолекулярные системы как примеры молекулярных машин.
44. Описание эксперимента по измерению проводимости отдельной молекулы.
45. Концепция нанофабрики. Нанофабрика Криса Феникса. Фабрикаторы на базе платформ Стюарта или Меркле. Идея конструкционного тумана.
46. Доменная структура сегнетоэлектриков, процесс переключения поляризации. Основные направления развития нанотехнологий в сегнетоэлектриках.
47. Методы управления доменной структурой сегнетоэлектриков на нанометровом масштабе.
48. Квантовые ямы, проволоки и точки: энергетический спектр, методы получения и основные применения.
49. Устройство и принцип работы одноэлектронного транзистора.
50. Идея квантового компьютера. Параллелизм вычислений, типы задач, возможные пути реализации.
51. Основные применения наноматериалов в медицине.
52. Сравнительные характеристики различных микроскопических методов (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения, сканирующая зондовая микроскопия).
53. История развития сканирующей зондовой микроскопии. Устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.

54. Устройство и принцип действия сканирующего атомно-силового микроскопа. Назначение и принципы работы обратной связи.
55. Основные типы сканеров, применяемых в сканирующем зондовом микроскопе. Основные типы кантилеверов, используемых в контактном и бесконтактном режимах атомно-силовой микроскопии. Параметры, влияющие на качество получаемых изображений.
56. Режим микроскопии поперечных сил атомно-силового микроскопа.
57. Режим микроскопии модуляции сил атомно-силового микроскопа.
58. Режим микроскопии магнитных сил атомно-силового микроскопа.
59. Режим микроскопии электростатических сил атомно-силового микроскопа.
60. Режим микроскопии поверхностного потенциала атомно-силового микроскопа.
61. Режим сканирующей емкостной микроскопии атомно-силового микроскопа.
62. Режим сканирующей импедансной микроскопии атомно-силового микроскопа.
63. Режим силовой микроскопии пьезоотклика атомно-силового микроскопа.
64. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия. Принцип действия, сравнение с обычной оптической микроскопией.
65. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Преодоление оптического дифракционного предела, принцип действия, используемые типы зондов, основные режимы работы.
66. Нанофотоника. Локализация света в области нанометрического размера. Затухающие волны, поверхностные плазмоны, ближнее поле.
67. Оптические наноматериалы. Квантовая локализация электронов. Металлические наночастицы.
68. Оптические наноматериалы. Фотонные кристаллы.
69. Оптические методы нанолитографии.
70. Введение в технологии чистоты. Определение термина «чистое помещение». Роль чистых помещений в развитии науки и техники, в частности в нанотехнологии.
71. Стандарты классификации чистых помещений. Класс чистоты помещения. Классификация чистых помещений по типам воздухообмена. Турбулентные чистые помещения. Чистые помещения с однонаправленным движением воздуха.
72. Введение, определение понятий «микролитография» и «нанолитография». Типы микро- и нанолитографии.
73. Технологический процесс фотолитографии. Резисты. Фотошаблоны. Экспозиция. Разрешение фотолитографии.
74. Литография в области глубокого УФ, рентгеновская и электронная литография. Электронная литография с прямой записью электронным пучком.
75. Нанолитография. Оптические методы нанолитографии. Нанолитография с помощью СЗМ. Нанопечатная литография.
76. Идея электронного микроскопа. Элементы электронного микроскопа и их основные параметры. Длина волны электронов и ее зависимость от ускоряющего напряжения.
77. Классификация электронных микроскопов. Устройство сканирующего электронного микроскопа. Устройство просвечивающего электронного микроскопа.
78. Механизмы контраста в электронном микроскопе. Взаимодействие электронов с веществом. Вторичные эффекты.
79. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Получение пучка электронов. Держатель образца. Основные режимы работы ПЭМ. Амплитудный контраст. Дифракция электронов в ПЭМ. Особенности дифракционных измерений в ПЭМ.
80. ПЭМ высокого разрешения, фазовый контраст. Высоковольтный ПЭМ. Сканирующий ПЭМ.
81. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (РЭМ) Сигналы в РЭМ. Электроны. Топографический контраст. Другие методы контраста.
82. Химический и структурный анализ с помощью РЭМ, микроанализ. Сопутствующие методики: сфокусированный электронный пучок, ионный и электронный полевые проекционные микроскопы.
83. Низковакуумные РЭМ, РЭМ работающие в режиме естественной среды. Применения в биологии.
84. Разрешение ПЭМ и РЭМ. Подготовка образцов.

14. Образовательные технологии

Предусмотрено использование в учебном процессе отдельных видов активных и интерактивных форм и методов проведения занятий, учитывающих специфику изучения дисциплины математического и естественнонаучного цикла:

- чтение лекций с использованием *мультимедийных технологий*;
- занятия «*Продвинутая лекция*» (дискуссионная форма проведения лекции по частным вопросам современной физики);

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

Основная литература:

1. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидунович Н.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2010.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс]/ Головин Ю.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2012.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Рамбиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры [Электронный ресурс]/ Рамбиди Н.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 255 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17349>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16975>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Фостер Линн Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности [Электронный ресурс]: монография/ Фостер Линн— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2008.— 352 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13282>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс]: монография/ Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 456 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12980>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература:

7. Мартыненко Ю.В. Плазменная нанотехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мартыненко Ю.В., Сковорода А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский университет дружбы народов, 2010.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
8. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2011.— 688 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7747>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
9. Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Галперин В.А., Данилкин Е.В., Мочалов А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 284 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4597>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
10. Генрих Эрлих Малые объекты - большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Генрих Эрлих— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 255 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4596>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Периодическая литература:

11. Journal Of Nanophotonics, ISSN 1934-2608 , - Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=33820

Список интернет-ресурсов

12. Естественно-научный образовательный портал - <http://en.edu.ru>
13. Единое окно доступа к образовательным ресурсам - <http://window.edu.ru>
14. Открытый колледж. Физика. - <http://physics.ru>
15. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов - <http://school-collection.edu.ru>
16. Сайт практикующего физика - <http://metod-f.narod.ru/>
17. Издательский дом «Первое сентября». Учебно-методическая газета «Физика» - <http://fiz.1september.ru/>
18. Физика в анимациях - <http://physics.nad.ru/physics.htm>
19. Анимация физических моделей - <http://www.umsolver.com/rus/films.htm>
20. Виртуальная библиотека МИФ - <http://virlib.eunnet.net/mif/>
21. Электронная энциклопедия «Кирилл и Мефодий» - <http://mega.km.ru/>

16. Материально-техническое обеспечение.

Для проведения занятий необходимы аудитории со стандартным оснащением для ведения лекционных и практических занятий площадью 35 м². Электронно-библиотечная система, электронная библиотека вуза и электронная информационно-образовательная среда. Предусмотрено сопровождение лекционного курса мультимедийными презентациями.

17. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.