

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

Кафедра «Физика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

Б1.В.ФВ1– *Физика и техника наноструктур*

направление подготовки

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

(Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и  
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах)

Квалификация – исследователь, преподаватель- исследователь

форма обучения – очная

зачетных единиц – 1

всего часов – 36

в том числе:

лекции – 6

коллоквиумы – нет

практические занятия – нет

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 30

Саратов, 2015

## 1. Цели и задачи дисциплины

*Цель преподавания дисциплины:*

- 1) исследование фундаментальных физических и физико-химических принципов, лежащих в основе создания и функционирования в приборах наноструктур различного вида;
- 2) исследование технологических подходов, развиваемых в рамках микро- и наноэлектроники, для создания наноструктур различного вида.

*Задачи изучения дисциплины:*

Программа ориентирована на формирование у аспиранта теоретических знаний в части описания свойств, методов получения и применения наноструктур различного вида, а также на практическую подготовку аспиранта к использованию полученных знаний в области применения наноструктур для создания функциональных устройств для промышленных и других применений.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** весь комплекс теоретических и практических методов и подходов к описанию и созданию наноструктур различного вида.
- **Уметь:** применять экспериментальные методы и технологии микро-и наноэлектроники для формирования наноструктур различного вида.
- **Владеть:** технологиями получения наноструктур и навыками анализировать их свойства, навыками публичного представления полученных теоретических и экспериментальных результатов в форме научных отчетов, статей, докладов на семинарах и конференциях.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Профессиональная ориентированность и задачи будущей деятельности аспирантов предполагает изучение круга проблем, связанных с созданием и применением наноструктур различного вида, изготовленных в рамках микро-и нанотехнологий, как новых функциональных элементов.

Программа дисциплины Б1.В.ФВ1 «Физика и техника наноструктур» относится к факультативным дисциплинам базовой части образовательного цикла основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 11.06.01 - "Электроника, радиотехника и системы связи" (направленность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»).

В соответствии с учебным планом подготовки читается аспирантам.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины Б1.В.ФВ1 «Физика и техника наноструктур» направлен на формирование следующих компетенций:

**общепрофессиональные (ОПК):**

- владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

**профессиональные (ПК):**

- готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры) (ПК-1).

В результате освоения дисциплины аспирант должен

- **знать:** фундаментальные физические и физико-химические принципы, лежащие в основе создания наноструктур различного вида и технологические подходы, развиваемые в рамках микро- и наноэлектроники для их формирования;

- **уметь:** квалифицированно использовать фундаментальные физические и физико-химические принципы для создания наноструктур; применять микро- и наноэлектронные технологии для формирования наноструктур различного вида; делать выводы и обобщения на основе полученных и экспериментальных данных; квалифицированно представлять результаты своей научно-исследовательской деятельности на русском и английском языках в форме публикаций в научных журналах и докладов на семинарах и конференциях; осуществлять научно-исследовательскую и преподавательскую деятельность в области своей специализации;

- **владеть:** методами теоретического анализа и решения практических задач в области формирования и исследования свойств наноструктур; навыками организации и проведения научных исследований в области профессиональной деятельности в научно-исследовательских и научно-образовательных учреждениях.

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

№ модуля	№ недели	№ раздела	Раздел дисциплины	Часы/из них в интерактивной форме				
				Всего	лек.	лаб. з.	Колл.	СРС
1	2	3	4	4	5	6	7	8
1	1-18	1	Физика и техника наноструктур	36/3	6/3	0	0	30/0

**5. Содержание лекционного курса**

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Особенности структурного состояния нанокристаллических материалов и их свойства. Основы технологии и методы получения наноструктурированных наноматериалов.	Раздел 15 рабочей программы
2	2	2	Пористые и аморфные наноматериалы. Фуллерены, фуллериты и нанотрубки. Нанокпозиционные материалы, нанополимерные композиты, металлосодержащие полимеры.	Раздел 15 рабочей программы
3	2	3	Графен, углеродные нанотрубки. Нанотрубки из других материалов. Двумерные кристаллические решетки из отличных от углерода материалов.	Раздел 15 рабочей программы

**6. Содержание коллоквиумов**

Не предусмотрены

**7. Перечень практических занятий**

Не предусмотрены

**8. Перечень лабораторных работ**

Не предусмотрены

**9. Задания для самостоятельной работы**

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	3	Общие сведения о наноразмерных структурах. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Свойства наноструктурированных материалов. Размерные эффекты.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Порошковая металлургия получения наноматериалов. Получение аморфных материалов. Методы с использованием интенсивной пластической деформации.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Методы физического и химического осаждения из паровой фазы. Методы получения фуллеренов, нанотрубок. Пучки заряженных частиц низких и средних энергий в нанотехнологиях. Технология консолидированных материалов и полупроводников.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Структура аморфных металлических систем, модели аморфных тел и поликластерная модель. Механические, электрические и магнитные свойства аморфных металлических систем. Аморфные полупроводниковые наноматериалы.	Раздел 15 рабочей программы

1	3	Схема образования фуллеренов. Природные фуллерены. Получение композитных нанопленок на основе фуллереновой матрицы методом вакуумного термического напыления. Уникальные структурные свойства кремниевых нанотрубок и их применение.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Физико-механические и теплофизические свойства нанокompозитов, полученных в виде нанокристаллических покрытий. Наногетерогенные композиционные материалы и области их применения.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Особенности и условия формирования наноструктурных пленок и покрытий. Влияние ионной бомбардировки на качество создаваемого материала. Процесс смешивания элемента с основным материалом.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Нанокompозитные покрытия. Многослойные покрытия с наноструктурой. Нанокристаллические покрытия с высокой твердостью. Основные механизмы, ответственные за повышение твердости. Классификация нанокompозитных покрытий по твердости, фазам и согласно размерности фаз. Механические свойства нанокристаллических покрытий и влияние температуры на эти свойства. Термическая стойкость и окисление покрытий. Сверхрешетчатые нанокompозиты.	Раздел 15 рабочей программы
1	3	Области применения микро- и наноразмерных структур, созданных с помощью сфокусированных пучков заряженных частиц. Потенциальные возможности применения углеродных нанотрубок. Био-нанотехнологии и искусственные материалы.	Раздел 15 рабочей программы

#### 10. Расчетно-графическая работа

нет

#### 11. Курсовая работа

нет

#### 12. Курсовой проект

нет

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

В процессе освоения образовательной программы при изучении дисциплины Б1.В.ФВ1 «Физика и техника наноструктур» формируются следующие компетенции:

**-общепрофессиональная** ОПК- 2: владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;

через прослушивание лекций и участие в дискуссиях на семинарах, участие в олимпиадах, подготовка и сдача зачета;

**профессиональная** ПК-1: готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры)

через участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, применение современных методов исследования физико-химических объектов и явлений, использование современных аналитических средств.

Формирование компетенций происходит в ходе всего курса изучения дисциплины Б1.В.ФВ1 «Физика и техника наноструктур». Успешное освоение компетенций достигается путем выполнения теоретического отчета (40 %), освоения методики эксперимента (20 %), проведения обработки результатов эксперимента (40 %).

#### Составляющие компетенций

*ОПК- 2: владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий*

Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3
<b>Знает:</b> основные физические и химические законы, применяемые при создании наноструктур различного типа	Лекции, СРС	Зачет

<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применять фундаментальные законы природы и основные физико-химические законы при создании наноструктур;</li> <li>применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования</li> </ul>	Лекции, СРС	Зачет.
<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками выполнения физического эксперимента;</li> <li>навыками проведения оценки результатов эксперимента;</li> <li>методами теоретического и экспериментального исследования.</li> </ul>	Участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, СРС.	Зачет

ПК-1: готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры)

Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3
<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании наноструктур различного типа;</li> </ul>	Лекции, СРС.	Зачет
<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Работать с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании наноструктур различного типа.</li> </ul>	Лекции, СРС.	Зачет
<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании наноструктур различного типа;</li> <li>методами теоретического и экспериментального исследования.</li> </ul>	Участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, СРС.	Зачет

#### Уровни освоения компетенций

ОПК- 2: владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
1	2
Пороговый (удовлетворительный)	<p><b>Знает</b> основные физические и химические законы, применяемые при создании наноструктур различного типа.</p> <p><b>Умеет</b> применять основные физико-химические законы при рассмотрении принципов функционирования наноструктур различного типа для решения практических задач.</p> <p><b>Владеет</b> первичными навыками выполнения физического эксперимента.</p>
Продвинутый (хороший)	<p><b>Знает</b> основные физические и химические законы, применяемые при создании наноструктур различного типа, и их взаимосвязь.</p> <p><b>Умеет</b> применять основные физико-химические законы при рассмотрении принципов функционирования наноструктур различного типа для решения практических учебных задач, проводить их анализ, пользоваться методом аналогий.</p> <p><b>Владеет</b> навыками проведения и оценки результатов эксперимента.</p>
Высокий (отличный)	<p><b>Знает</b> физические и химические законы, применяемые при создании наноструктур различного типа, и их взаимосвязь и следствия.</p> <p><b>Умеет</b> применять основные физико-химические законы при рассмотрении функционирования наноструктур различного типа для решения практических учебных задач, проводить их анализ, пользоваться методом аналогий и</p>

	предлагать новые решения для формирования и использования наноструктур. <b>Владеет</b> методами теоретического и экспериментального исследования.
--	--

ПК-1: *готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры)*

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
1	2
Пороговый (удовлетворительный)	<b>Знает</b> основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании наноструктур различного типа. <b>Умеет</b> использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании наноструктур различного типа. <b>Владеет</b> первичными навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании наноструктур различного типа, и выполнения физического эксперимента под руководством преподавателя, проведения оценки результатов эксперимента.
Продвинутый (хороший)	<b>Знает</b> основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании наноструктур различного типа, и особенности их применения под руководством преподавателя. <b>Умеет</b> использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании наноструктур различного типа, под руководством преподавателя. <b>Владеет</b> навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании наноструктур различного типа, и выполнения физического эксперимента под руководством преподавателя, проведения оценки результатов эксперимента.
Высокий (отличный)	<b>Знает</b> основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании наноструктур различного типа, и особенности их применения. <b>Умеет</b> использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании наноструктур различного типа. <b>Владеет</b> навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании наноструктур различного типа, и выполнения физического эксперимента, проведения оценки результатов эксперимента.

#### Вопросы для зачета

№	Вопросы
1.	Повышенная прочность нанокристаллических материалов.
2.	Особенность структуры межзерновых границ нанокристаллического материала. Доля нанокристаллического вещества, приходящегося на межзерновые границы.
3.	Термодинамические особенности наноструктур.
4.	Электросопротивление наноматериалов.
5.	Особенности наноферромагнетиков. Замена ферромагнетизма при переходе к нанометровым размерам.
6.	Понятие суперпарамагнетизма. Зависимость коэрцитивной силы наноферромагнетиков от размеров частиц.
7.	ы нанопористых материалов. Характеристика пористости.
8.	Аморфное состояние твердого тела. Ближний и дальний порядок в твердом теле.
9.	Отличие понятий «аморфное состояние» и «стеклообразное состояние». Основные способы получения аморфных сплавов. Отличие зонной структуры аморфного полупроводника от его кристаллического аналога.
10.	Фуллерен и фуллериты.
11.	Нанокпозиционный наноматериал. Отличие металлического нанокмозита от полимерного.

	Типы нанокompозитов.
12.	Магнитные свойства полимерных композитов.
13.	Примеры формирования металло-полимерных нанокompозитов.
14.	Условия формирования нанокристаллических пленок.
15.	Механизмы управления формированием нанокристаллических покрытий.
16.	Нанокompозитные покрытия. Группы нанокompозитных покрытий и их классификация.
17.	Повышение твердости в нанокompозитных покрытиях.
18.	Влияние структуры нанокompозиционных покрытий на их термические свойства.
19.	Графен и углеродные нанотрубки.
20.	Нанотрубки из отличных от углерода материалов.
21.	Двумерные решетки из отличных от углерода материалов.
22.	Основные направления применения нанокристаллических материалов в промышленности.
23.	Применение наноструктур в приборостроении.
24.	Особенности применения наноразмерных структур, созданных с помощью пучков заряженных частиц.
25.	Применение наноструктур в биотехнологии.

#### Вопросы для экзамена

нет

#### Тестовые задания по дисциплине

Не предусмотрены

#### 14. Образовательные технологии

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

- чтение лекций с использованием *мультимедийных технологий*;
- *кейстехнология* (технология дистанционного обучения), т.е. дистанционное повышение уровня освоения аспирантами предмета с помощью учебно-методических комплексов, размещенных в ИОС СГТУ;
- *портфолио* (оценка собственных достижений аспирантов) – результаты участия в различного уровня олимпиадах и научных конференциях, результаты выполнения индивидуальных заданий, предусмотренных преподавателем и др.;
- *модульно-рейтинговая система* оценки успеваемости аспирантов в процессе изучения предмета в течение семестра;
- *технология тестового контроля знаний и умений* (предусматривает проведение входного и выходного контроля при изучении предмета);
- *метод развивающейся кооперации* - групповое решение практических комплексных задач с распределением по отдельным аспирантам решения подзадач.

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

##### Основная литература:

1. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / под ред. Г.В. Малахова, П. . Витязь, К.А. Солнцев. - Минск : Белорусская наука, 2011. - 284 с. - ISBN 978-985-08-1292-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142364>.
2. Барыбин, А.А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.А. Бахтина, В.И. Томилин, Н.П. Томилина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229593>
3. Суздаев, И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов/ И. П. Суздаев. - 2-е изд., испр.. - Москва: URSS, 2009. - 592 с.; - ISBN 978-5-397-00217-2.

##### Дополнительная литература:

4. Наноструктурные материалы / под ред. Р. Ханнинк, А. Хилл ; пер. А.А. Шустиков. - М. : РИЦ "Техносфера", 2009. - 488 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-221-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115678>.
5. Антоненко, С.В. Технология наноструктур : учебное пособие / С.В. Антоненко. - М. : МИФИ, 2008. - 116 с. - ISBN 978-5-7262-0947-0; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231530>.
6. Илюшин В.А. Физикохимия наноструктурированных материалов : учебное пособие. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 107 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229009>.

##### Периодические издания

7. Nanotechnology : науч.-техн. журн. – ИОР, Великобритания. Электронный ресурс: <http://iopscience.iop.org/0957-4484>. Режим доступа – по паролю.

8. Nano Letters : науч.-техн. журн. – Ам. хим. об-во (ACS), США. Электронный ресурс:.. <http://pubs.acs.org/journal/nalefd>. Режим доступа – по паролю.
9. Нано- и микросистемная техника: : науч.-техн. журн. Электронный ресурс: <http://www.microsystems.ru/>. Режим доступа – по паролю.

*Интернет-ресурсы*

10. <https://portal3.sstu.ru> (ИОС СГТУ, ФГОС3+)
11. Азаренков Н. А. Наноматериалы, нанопокртия, нанотехнологии. Учебное пособие / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др. –Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. - 209 с. - URL: <http://www-htuni.univer.kharkov.ua/ftf/files/lt6.pdf> .
12. Булыгин Е. Б. и др. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование. Учебное пособие / М: Сайнс-Пресс, 2006. – 80 с. [http://window.edu.ru/resource/276/73276/files/bmstu\\_iu4\\_nano.pdf](http://window.edu.ru/resource/276/73276/files/bmstu_iu4_nano.pdf).

**16. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Предусмотрено сопровождение лекционного курса натурными лекционными демонстрациями и мультимедийными презентациями, подготовленными в среде Microsoft Office PowerPoint.

**17. Особенности организации педагогического процесса 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 студентов 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС (уровень аспирантуры).