

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Инженерная академия

(факультет/институт/академия)

Рекомендовано МССН

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Наименование дисциплины

Технология и инженерия наноустройств и систем

---

### Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.06.01 Математика и механика

### Направленность программы (профиль)

«Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель курса** - формирование у аспирантов профиля «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» профессиональных компетенций в области научных исследований по технологии и инженерии наноустройств и систем. Формирование профессионального кругозора в области состояния, проблем и перспектив развития современной технологии и инженерии наноустройств и систем с учетом научно-технических достижений в области смежных наук. Изучение современных аналитических методов и подходов для решения задач управления такими системами: формирование представлений о технологии и инженерии наноустройств и систем как фундаментальной науке и универсальном языке естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин; приобретение умений и навыков применения технических средств и методов технологии и инженерии наноустройств и систем для решения прикладных профессиональных задач с использованием сканирующего зондового оборудования, изучения электроники этого оборудования с помощью интерактивной компьютерной системы Electronics Workbench на примерах, актуальных для наноструктур, персональных компьютеров, локальных и глобальных компьютерных сетей.

**Задачи курса** обучения навыкам нахождения и осмысления новых, а также переосмысления современной технологии и инженерии наноустройств и систем: осознание студентами нанотехнологий как системообразующей основы построения 6-го технологического уклада; закрепление у студентов понимания ключевой роли современных технологий наноустройств и систем в обеспечении эффективной профессиональной деятельности; формирование у студентов представления о теоретических, технических и организационных аспектах использования современных технологий наноустройств и систем; обучение эффективным методам использования наноустройств и систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Технология и инженерия наноустройств и систем» относится к вариативной части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Универсальные компетенции</b>			
1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	История и философия науки Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>			
2	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей	Методология научных исследований Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	

	профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)	Приоритетные направления развития математики и механики Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
Профессиональные компетенции			
3	готовность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития технических объектов различного назначения (ПК-1)	Методология научных исследований Приоритетные направления развития математики и механики Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
4	способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять для их решения физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования (ПК-2)	Методология научных исследований Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
5	готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям (ПК-3)	Методология научных исследований Приоритетные направления развития математики и механики Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
6	способность создавать новые поколения машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих качественно новыми функциональными свойствами, а также совершенствовать существующие машины, приборы, аппаратуру и технологии, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, меньшей материало- и энергоемкостью (ПК-4)	Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	

7	способность разрабатывать методы механики и вычислительной математики, компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектной и конструкторской деятельности (ПК-5)	Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	
8	способность изучать закономерности и связи, динамические процессы, напряженные состояния и прочность машин, приборов и аппаратуры (ПК-6)	Приоритетные направления развития математики и механики Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	

### 3. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины

<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК-1</b>	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК-1</b>	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК-1</b>	готовность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития технических объектов различного назначения
<b>ПК-2</b>	способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять для их решения физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования

<b>ПК-3</b>	готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям
<b>ПК-4</b>	способность создавать новые поколения машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих качественно новыми функциональными свойствами, а также совершенствовать существующие машины, приборы, аппаратуру и технологии, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, меньшей материало- и энергоемкостью
<b>ПК-5</b>	способность разрабатывать методы механики и вычислительной математики, компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектной и конструкторской деятельности
<b>ПК-6</b>	способность изучать закономерности и связи, динамические процессы, напряженные состояния и прочность машин, приборов и аппаратуры

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать** основные современные методы реализации технологии и инженерии наноустройств и систем, современную научную литературу и журнальные статьи в периодической печати, посвященные таким проблемам.

**Уметь** выявлять актуальные современные теоретические проблемы технологии и инженерии наноустройств и систем и объяснять на этой основе существующие факты и процессы развития технологии и инженерии наноустройств и систем.

**Владеть** навыками нахождения и осмысления новых, а также переосмысления ранее известных фактов, процессов и тенденций, характеризующих формирование, эволюцию и трансформацию технологии и инженерии наноустройств и систем в исторической ретроспективе.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы:

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы (108 ч.)**.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>20</b>	20
В том числе:		
<i>Лекции</i>	-	-
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	<b>20</b>	20
<i>Семинары (С)</i>	-	-
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>88</b>	88
<b>Контроль</b>	-	-
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час</b>	108
	<b>зач. ед.</b>	3



1.	Актуальные задачи технологии и инженерии наноустройств и систем.		6			20	36
2.	Актуальные вопросы технологии и инженерии наноустройств и систем.		6			30	36
3.	Актуальные проблемы технологии и инженерии наноустройств и систем.		8			28	36
	ИТОГО		20			88	108

#### 6. Лабораторный практикум - не предусмотрен

#### 7. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	1	Инструментарий нанотехнологии. Зондовая микроскопия.	2
2	1	Нанолaborатории и нанофабы. Наноматериалы. Моноатомные наноматериалы.	2
3	1	Графен. Силицен-2D кремний.	2
4	2	Углерод и его наноаллотропы. Наноуглерод. Четыре орбитали. Неоднородности в гексагональных сетках.	2
5	2	Графеновые наноленты. Кромки гексагональных сеток. Идеальные наноленты. Углеродные нанотрубки.	2
6	2	Хиральность. Индексы. Однослойные и многослойные нанотрубки.	2
7	3	. Мемристивная КМОП ИС. Нейрон, мемристор, модель.	2
8	3	Мемристор – основа систем ИИ.	2
9	3	Амбиполярная схмотехника. Амбиполярность – новое качество схмотехники.	2
10	3	Фильтрация электронов.	2

#### 8. Виды самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)
1.	1	Рецензирование материалов научных конференций на русском и английском языках для выявления наиболее актуальных проблем научно-исследовательской деятельности в физико-математических науках	15
2	1	Подготовка статей по тематике диссертационного исследования	15
3	2	Подготовка научных докладов на региональных, национальных и международных конференциях	15
4	2	Разработка научных проектов и участие в региональных, национальных и международных конкурсах по техническим наукам	15

5	3	Подготовка материалов для участия в грантах, предоставляемых аспирантам и молодым ученым в России и за рубежом по техническим наукам	14
6	3	Подготовка и проведение научного семинара, методического семинара или мастер-класса.	14

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### а) основная литература

1. Губин С.П., Ткачев С.В. Графен и родственные наноформы углерода. Книжный дом "ЛИБРОКОМ". 2012

### б) дополнительная литература

2. Дивеев А.И., Софронова Е.А. Метод сетевого оператора и его применение в задачах управления. М.: Изд-во РУДН, 2012. – 182 с.
1. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики : Учебное пособие . - М. : Изд-во ЛКИ, 2014. - 480 с.
2. Наац В. И., Наац И. Э. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы : Монография - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 328 с.
1. А. В. Румянцев. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности: Учебное пособие - Калининград : Изд-во КГУ, 1995. - 170 с.:
2. Свешников А. Г. и др. Линейные и нелинейные уравнения соболевского типа - М. : Физматлит, 2007. - 736 с.

**в) программное обеспечение:** используются только лицензированное, установленное в РУДН. Пакет программ Microsoft Office и специализированное программное обеспечение Dev-C++, Scilab.

### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>

Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>

Science Direct <http://www.sciencedirect.com> Описание: Ресурс содержит коллекцию научной, технической полнотекстовой и библиографической информации. База данных мультидисциплинарного характера включает научные журналы по точным и техническим наукам.

EBSCO <http://search.ebscohost.com>, Academic Search Premier (база данных комплексной тематики, содержит информацию по гуманитарным и естественным областям знания).

Oxford University Press <http://www3.oup.co.uk/jnls>. Журналы по точным и техническим наукам Oxford University Press представленные в коллекции HSS

Sage Publications <http://online.sagepub.com> . База публикаций Sage включает в себя журналы по разным отраслям знаний: Sage\_STM – более 100 журналов в области естественных наук, техники.

Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.

Taylor & Francis <http://www.informaworld.com> . Коллекция журналов насчитывает более 1000 наименований по всем областям знаний.

American Mathematical Society <http://www.ams.org/> Ресурс американского математического общества.

European Mathematical Society <http://www.euro-math-soc.eu/> Ресурс европейского математического общества.

Portal to Mathematics Publications <http://www.emis.de/projects/EULER/>



Каталог математических интернет ресурсов <http://www.mathtree.ru/>

Zentralblatt MATH (zbMATH) <https://zbmath.org>

Общероссийский математический портал mathnet.ru

Web of Science <http://www.isiknowledge.com>

Ресурсы Института научной информации по общественным наукам Российской академии наук (ИНИОН РАН) <http://elibrary.ru.>

Университетская информационная система РОССИЯ. <http://www.cir.ru/index.jsp>.

Госты система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу <http://www.ifap.ru/library/gost/sibid.htm>.

Электронная библиотека РУДН <http://www.rsl.ru/>

#### **д) периодические издания**

- Алгебра и анализ
- Дискретная математика
- Журнал вычислительной математики и математической физики
- Известия Российской академии наук. Серия математическая
- Математические заметки
- Математический сборник
- Математическое моделирование
- Теоретическая и математическая физика
- Теория вероятностей и ее применения
- Успехи математических наук
- Функциональный анализ и его приложения
- Информатика и её применения
- Проблемы передачи информации
- Системы и средства информатики
- Труды Математического института им. В. А. Стеклова
- Математические вопросы криптографии
- Современные проблемы математики
- Вычислительные методы и программирование
- Труды семинара имени И. Г. Петровского
- Учёные записки Московского государственного университета
- Фундаментальная и прикладная математика

### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Москва, ул. Орджоникидзе, д.3, корп. 1, 5. Мультимедийная аудитория 496, 496а, 493 оборудованные видеопроектором и ноутбук с презентационным программным обеспечением и выходом в Интернет.

### **11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

#### **11.1. Методические рекомендации аспирантам.**

На практических занятиях по дисциплине проводятся контрольные мероприятия с целью выявления полученных знаний, умений, навыков и компетенций. В рамках самостоятельной работы аспиранты изучают учебно-методическое обеспечение дисциплины, готовят домашнее задание, работает над вопросами и заданиями для самоподготовки, занимается поиском и обзором научных публикаций и электронных источников информации. Самостоятельная работа должна носить систематический характер и контролируется преподавателем, учитывается преподавателем для выставления аттестации.

Для повышения качественного уровня освоения дисциплины аспирант должен готовиться к лекции, так как она является ведущей формой организации обучения студентов и реализует функции, способствующие:

- формированию основных понятий дисциплины,
- стимулированию интереса к дисциплине, темам ее изучения,
- систематизации и структурированию всего массива знаний по дисциплине,
- ориентации в научной литературе, раскрывающей проблемы дисциплины.

Подготовка к лекции заключается в следующем:

- изучение материала предыдущей лекции,
- анализ темы предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора),
- ознакомление с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям,
- анализ места изучаемой темы в своей профессиональной подготовке,
- подготовка вопросов, которые возможно задать лектору на лекции.

Подготовка к практическим занятиям:

- ознакомление с планом практического занятия: вначале с основными вопросами, затем – с вопросами для обсуждения, оценка объема задания;
- изучение конспекта лекции по теме практического занятия, выделение материала, необходимого для изучения поставленных вопросов;
- ознакомление с рекомендуемой основной и дополнительной литературой по теме, новыми публикациями в периодических изданиях;
- выделение основных понятий изучаемой темы, владение которыми способствует эффективному освоению дисциплины;
- подготовка тезисов или мини-конспектов, которые могут быть использованы при публичном выступлении на занятии.

Рабочая программа дисциплины в части целей, перечню знаний, умений, терминов и учебных вопросов может быть использована вами в качестве ориентира в организации обучения.

Подготовка к зачету. К зачету необходимо готовиться целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. В самом начале изучения дисциплины аспирант знакомится с программой по дисциплине, перечнем знаний и умений, которыми аспирант должен владеть, контрольными мероприятиями, учебником, учебными пособиями по изучаемой дисциплине, электронными ресурсами, перечнем вопросов к зачету.

Систематическое выполнение учебной работы на лекциях, практических занятиях и занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи зачета.

От аспирантов требуется посещение занятий, выполнение заданий руководителя дисциплины, знакомство с рекомендованной литературой и подготовка эссе к круглому столу (выбор темы эссе осуществляется по согласованию с руководителем дисциплины и научным руководителем). Аспиранты выполняют проекты, творческие задания для самостоятельной работы с учетом профильности дисциплин, которые будут реализоваться ими в процессе производственной практики. Результаты выполнения заданий для самостоятельной работы оцениваются на основе балльно-рейтинговой оценки и отражаются в образовательном маршруте аспиранта. При аттестации аспиранта оценивается качество работы на занятиях (умение вести научную дискуссию, способность четко и емко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной научно-исследовательской деятельности специалиста в области педагогики высшей школы, истории педагогики и образования, качество выполнения заданий (презентаций, докладов, аналитических записок и др.).

## **11.2. Методические рекомендации преподавателям.**

В процессе обучения по дисциплине «Технология и инженерия наноустройств и систем» преподаватель должен обратить особое внимание на организацию практических

занятий и осуществлять контроль за самостоятельной работой аспирантов. В процессе освоения дисциплины аспиранты должны быть ориентированы не только на активное овладение совокупностью педагогических знаний, но на умение творчески применять их на практике, экстраполируя на современный образовательный процесс в высшей школе.

При изучении раздела 1 «Актуальные задачи технологии и инженерии наноустройств и систем» преподавателю следует обратить внимание аспирантов на содержание категориального аппарата дисциплины, ее взаимосвязь с другими понятиями. Важным является рассмотрение на практических занятиях прикладные возможности применения различных методов научных исследований.

При проведении лекций необходимо вовлекать аспирантов в дискуссии, затрагивающие актуальные научные проблемы в области информатики и вычислительной техники.

Овладение содержанием раздела 2 «Актуальные вопросы технологии и инженерии наноустройств и систем» проходит на лекционных и практических занятиях. Работа на практических занятиях должна быть направлена на активное овладение совокупностью теоретических знаний, подчеркивающих особенности содержания этапов научных исследований. Преподаватель должен ориентировать аспирантов на умение организовывать и проводить различные виды научных исследований по информатике и вычислительной технике.

Овладение содержанием раздела 3 «Актуальные проблемы технологии и инженерии наноустройств и систем» преподаватель использует разнообразные технологии и формы занятий и создает условия для демонстрации аспирантами коммуникативных умений, готовности вести дискуссию по научным проблемам.

В ходе промежуточной аттестации оценивается качество освоения аспирантами основных научно-исследовательских категорий, их умение использовать знания для решения научных задач и готовность актуализировать научную компетентность в реальном научно-исследовательском процессе университета, научной организации и др.

### 11.3. Фонд оценочных средств по оценке освоения компетенции.

Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы (БРС) оценок текущей успеваемости) (В соответствии с Приказом Ректора №996 от 27.12.2006 г.):

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
86 - 100	5	95 - 100	5+	A
		86 - 94	5	B
69 - 85	4	69 - 85	4	C
51 - 68	3	61 - 68	3+	D
		51 - 60	3	E
0 - 50	2	31 - 50	2+	FX
		0 - 30	2	F

<b>A</b>	<b>“Отлично”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
----------	--

<b>В</b>	<b>“Очень хорошо”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
<b>С</b>	<b>“Хорошо”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
<b>Д</b>	<b>“Удовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
<b>Е</b>	<b>“Посредственно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
<b>ФХ</b>	<b>“Условно неудовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества
<b>Ф</b>	<b>“Безусловно неудовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, всевыполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.

## 12. Фонд оценочных средств.

### 12.1. Вопросы, выносимые на промежуточную аттестацию (тема 1).

1. Наноразмерный мир. Инструментарий нанотехнологии.
2. Зондовая микроскопия.
3. Нанолaborатории и нанофабы. Наноматериалы.
4. Моноатомные наноматериалы.
5. Графен. Силицен-2D кремний. Другие моноатомные материалы.
6. Квантовая электродинамика и 2D материалы.
7. Фермионы Дирака.
8. Классический эффект Холла. Квантовый эффект Холла.
9. Графен. Квази-частицы. Взаимодействие атомов в графене.
10. Интеграл перекрытия. Двухдолинный полуметалл.
11. Спин и псевдоспин носителей тока.
12. Амбиполярность.
13. Волновые уравнения. Операторы квантовой физики. Дуализм. Волновая функция. Волновое уравнение Шредингера. Частица во времени. Пространственная волна.

### 12.2. Вопросы, выносимые на зачет (тема 2 и 3).

1. Матрицы и фермионы Дирака. Альфа-матрицы Дирака. Матрицы Паули.

- Гамильтониан графена.
2. Непрерывный линейный спектр.
  3. Волновая функция для К-долины.
  4. Нанюглерод. Углерод и его наноаллотропы.
  5. Нанюглерод. Четыре орбитали.
  6. Неоднородности в гексагональных сетках.
  7. Графеновые наноленты. Кромки гексагональных сеток.
  8. Идеальные наноленты.
  9. Углеродные нанотрубки.
  10. Хиральность. Индексы.
  11. Однослойные и многослойные нанотрубки.
  12. Наименьший и наибольший диаметры. Доля поверхностных атомов.
  13. Электронные структуры. Технологические методы.
  14. Нанотрубки (НТ) неорганических веществ.
  15. Нанотрубки на основе нитрида бора. Нанотрубка-диод. Фуллерены.
  16. Морфология фуллеренов.
  17. Конвергентная наносхемотехника.
  18. Миллиметровая наноэлектроника.
  19. Графеновые транзисторы.
  20. Первая графеновая ИС. Альтернатива.
  21. Мемристор как универсальный элемент. Другие мемро-элементы.
  22. Новая архитектура. Мемристивная КМОП ИС.
  23. Нейрон, мемристор, модель.
  24. Мемристор – основа систем ИИ.
  25. Амбиполярная схемотехника. Амбиполярность – новое качество схемотехники.
  26. Фильтрация электронов.

**Разработчик:**

Доцент,  
Кафедра «Нанотехнологии и  
микросистемная техника»



М.О. Макеев

**ИО заведующего кафедрой**  
Доцент,  
Кафедра «Нанотехнологии и  
микросистемная техника»

  
ПОДПИСЬ

С.В. Агасиева