



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Новые направления физического материаловедения*

Кафедра инженерной физики

Образовательная программа  
**11.04.04- Электроника и нанoeлектроника**

Профиль подготовки:  
**Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники**

Уровень высшего образования  
**Магистратура**

Форма обучения:  
**Очная-заочная**

Статус дисциплины:  
**Вариативная**

**Махачкала 2021**

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС 3++ по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки: Материалы и технологии электроники и нанoeлектроники(уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301.

Разработчик(и): кафедра инженерной физики, Офицерова Н.В., к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры Инженерная физика от «3» 09 2019 г., протокол № 3  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «20»  
092019 г., протокол № 1.  
Председатель \_\_\_\_\_ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 23» 09 2019 г. \_\_\_\_\_  
(подпись)

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Новые направления физического материаловедения**» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики. Содержательно она логически связана с дисциплинами «Наноструктурные материалы», «Наноэлектроника», а также «Физические основы полупроводниковых наноструктур», «Функциональная электроника» курсов по выбору профессионального цикла. Является основой научной практики.

Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины «**Новые направления физического материаловедения**»:

*Иметь* представление о материалах электронной техники, физических свойствах и структуре материалов и методах их исследования;

*Знать* основы дисциплин «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Термодинамика», «Статистическая физика», «Физические основы электроники».

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *профессиональных*: - ПК-1.1; ПК-2.2; ПК-3.2.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, тестирование, письменные контрольные задания и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		Всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
9	72	14	4	-	10	24-		58	3 (зачет)

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель дисциплины** – развитие представлений о тенденциях развития новых направлений физического материаловедения, разработке на базе современных микро- и нанотехнологий новых материалов для электроники и наноэлектроники, включая, углеродные наноматериалы, ленгмюровские молекулярные пленки, аморфные и нанокompозитные материалы и структуры, сверхрешетки и т.д.

**Задачи** дисциплины:

- формирование понимания связи между условиями и методами получения – структурой и физическими свойствами современных функциональных материалов;

- развитие представлений о наиболее актуальных направлениях исследований в области современных новых направлений физического материаловедения.

В соответствии с основными видами деятельности инженера-физика задачами дисциплины являются: формирование у студентов представлений о методах получения рассматриваемых новых материалов, о влиянии структуры на свойства и использование полученных ими знаний для получения приборных структур, используемых в различных областях промышленности.

Основные разделы программы курса: Углеродные наноструктуры. Ленгмюровские молекулярные пленки. Нанокompозитные материалы. Аморфные материалы. Нанокристаллические и нанопористые материалы. Сверхрешетки.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «**Новые направления физического материаловедения**» в структуре ООП ВПО находится в модуле профильной направленности. Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Материалы электронной техники;
- Квантовая механика;
- Физика конденсированного состояния;
- Физические основы электроники;
- Наноструктурные материалы
- Наноэлектроника;

и знания в области математики.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического

исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов математической физики; для описания разнообразных физических процессов и состояний в полупроводниках и диэлектриках.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

<i>Код компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Наименования компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</i>
<i>ПК-1.1</i>	<i>Способен проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и нанoeлектроники</i>	<p><i>Знает:</i>            базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике полупроводников и диэлектриков; современные методы научно - исследовательской работы; теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; основные направления и тенденции развития современной микро- и нанoeлектроники; материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; технологические возможности перспективных методов получения структур на основе полупроводников и диэлектриков;</p> <p><i>Умеет:</i>            выбирать методы и средства решения конкретных задач; анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и диэлектриков, физики систем пониженной размерности; создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения полупроводников и диэлектриков;</p>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Способен корректировать технологический маршрут на изготовление изделий "система в корпусе" в соответствии с требованиями технического задания и техническими условиями на изделие</i>	<p><i>Владеет:</i>            основами научно-исследовательской работы,</p>

ПК-3.2	Способен согласовать и утверждать технические задания на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	методами (инструментарием) научного анализа; компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях; основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики полупроводников и диэлектриков, так и на междисциплинарных границах физики микро- и наноэлектроники; методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников и диэлектриков; методами количественного формулирования и решения практических задач по физике полупроводников и диэлектриков. опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов;
--------	---	---

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, **72** академических часа.

#### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные	Контроль самост.		
<b>Модуль 1.</b>									
1.	Углеродные наноструктуры. Фуллерены.	9		2	-			10	(ДЗ), (С), (КСР)
2.	Углеродные нанотрубки.	9			2			10	(ДЗ), (С), (КСР)
3.	Ленгмюровские молекулярные пленки.	9			2			10	(ДЗ), (С), (КСР)
	<b>Итого по модулю:</b>	9		<b>2</b>	<b>4</b>			<b>30</b>	

<b>Модуль 2</b>									
4.	Нанокompозитные материалы.	9		2	2			10	(ДЗ),(С), (КСР)
5.	Аэрогели				2			9	(ДЗ), (С), (КСР)
5.	Пористый кремний.	9			2			9	(ДЗ), (С), (КСР)
	<b>Итого по модулю 2:</b>	<b>9</b>			<b>6</b>			<b>28</b>	
	<b>ИТОГО:72</b>			<b>4</b>	<b>10</b>			<b>58</b>	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### Модуль 1

**Тема 1.** Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Фуллериты. Фуллериды. Методы получения фуллеренов. Гидрогенизация фуллеренов. Эндоэдральные структуры. Интеркалированные соединения. Механические и электрические свойства фуллеритов. Зонная структура. Применение фуллеритов в электронике и нанoeлектронике.

**Тема 2.** Углеродные нанотрубки. Структура. Способы получения. Однослойные и многослойные углеродные нанотрубки. Хиральность. Электрические свойства углеродных нанотрубок. Дефекты в углеродных нанотрубках. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок. Эмиссионные свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.

**Тема 3.** Ленгмюровские молекулярные пленки. Амфифильные вещества. Коэффициент растекания. Типы пленок Ленгмира – Блоджетт (ПЛБ). «Набегающий» и отступающий контактные углы. Метод получения ПЛБ. Некоторые свойства ПЛБ. ПЛБ – резистивный материал для нанолитографии.

#### Модуль 2

**Тема 4.** Нанокompозитные материалы. Керамические нанокompозиты. Методы получения. Золь – гель технология как основной метод получения нанокompозитов. Керамические нанокompозитные покрытия. Органо- неорганические композиты. Композиты полимер – наночастицы. Нанокompозиты полимер – металл. Композиты с неорганическими наночастицами.

**Тема 5.** Аэрогели. Виды аэрогелей, способы получения. Свойства. Перспективы применения.

**Тема 6.** Пористый кремний. Низкоразмерные кремниевые среды. Актуальность использования низкоразмерного кремния в производстве изделий микро- и нанoeлектроники. Формирование низкоразмерного кремния. Структурные модификации пористого кремния. Применения низкоразмерного кремния.

### 4.3.1. Содержание лекционных занятий

мо- дуль	Содержание темы
1.	<p><b><u>Лекция</u></b></p> <p><b><u>1.</u></b> Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Методы получения фуллеренов. Углеродные нанотрубки. Применение.</p> <p><b><u>2.</u></b> Нанокompозитные материалы. Керамические и другие нанокompозиты. Методы получения и применение.</p>

### 4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

1. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Методы получения фуллеренов.
2. Гидрогенизация фуллеренов. Эндоздральные структуры. Интеркалированные соединения.
3. Механические и электрические свойства фуллеритов. Зонная структура. Применение фуллеритов.
4. Углеродные нанотрубки. Способы получения однослойных и многослойных углеродных нанотрубок. Хиральность.
5. Электрические и эмиссионные свойства углеродных нанотрубок.
6. Применение углеродных нанотрубок.
7. Ленгмюровские молекулярные пленки. Метод получения, применение.
8. Нанокompозиционные материалы.
9. Керамические нанокompозиты. Получение, применение.
10. Наноструктурированные многослойные материалы.
11. Нанопористый кремний.
12. Аморфные материалы. Модели аморфных структур.
13. Аморфные металлические сплавы.
14. Полупроводниковые сверхрешетки.

### 4.3.3. Тематика для самостоятельной работы

1. Фуллерены в электронике и нанoeлектронике.
2. Углеродные нанотрубки в электронике.
3. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок.
4. Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.
5. Применение углеродных нанотрубок в технологии полупроводниковых приборов.
6. Композиты полимер – углеродные трубки.
7. Методы получения аморфных металлических сплавов.
8. Области применения гибридных нанокompозитов.
9. Аморфные металлические сплавы.
10. Аморфные углеродные материалы.
11. Ленгмюровские пленки – резистивный материал для нанолитографии.
12. Наноструктурированные многослойные материалы.



13. Нанопористые материалы.
14. Цеолиты – нанопористый материал.
15. Кристаллы из металлических наночастиц.
16. Нанокристаллические материалы для магнитной записи.
17. Наноструктурированные материалы для фотоники.
18. Металлические нанокластеры в оптических стеклах.
19. Полупроводниковые сверхрешетки.
20. Наноглеродные ферромагнетики.
21. Нанокристаллические покрытия в промышленности.
22. Применение наноструктур для создания элементов приборных структур.
23. Нанокompозитные покрытия.
24. Методы структурного и химического анализа наноматериалов.
25. Получение гибридных нанокompозитов золь – гель методом.

## 5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, лабораторные занятия, семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирает наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с

- привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### ***Промежуточный контроль.***

В течение семестра студенты выполняют:

- - домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- - промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- - выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

### ***Итоговый контроль.***

Зачет в конце 9 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Для получения зачета по изучаемому предмету, кроме прочих требований, необходимым является защита реферата по предложенным темам в виде презентации.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ОПОП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ОПОП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки **отлично** заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки **хорошо** заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки **удовлетворительно** заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка **неудовлетворительно** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

ПК-1.1	<i>Способен проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микро- и нанoeлектроники</i>	<b>Знает:</b> современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; основные закономерности формирования	Устный опрос
ПК-2.2	<i>Способен корректировать технологический маршрут на изготовление изделий "система в корпусе" в соответствии с требованиями технического задания и техническими условиями на изделие</i>	свойств полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории; методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках. <b>Умеет:</b> формулировать цели и задачи	Устный опрос, письменный опрос
ПК-3.2	<i>Способен согласовать и утверждать технические задания на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</i>	научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физические измерительные приборы и приемы; анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; <b>Владеет:</b> основами теоретических знаний для решения практических задач исследований свойств полупроводников и диэлектриков; опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики полупроводников и диэлектриков;	Устный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.

## 7.2. Типовые контрольные задания

Для промежуточного и итогового контроля используется образовательный блог «Наноматериалы» (<https://nanomatnvo.blogspot.com/>) и электронный

образовательный ресурс на платформе Moodle (курс «Наноструктурные материалы»).

**Примерные контрольные работы  
по курсу «Новые направления физического материаловедения»**

**Модуль 1**

**Вариант 1**

1. Какие аллотропные модификации углерода относят к наноматериалам?
2. Может ли фуллерен иметь кристаллическую структуру?
3. Основной метод получения фуллеренов.
4. Справедливо ли утверждение, что фуллерены обладают свойствами сверхпроводника?
5. Каков основной параметр углеродных нанотрубок?
6. Как называется структура множественно вложенных друг в друга углеродных нанотрубок?
7. Что такое хиральная структура углеродной нанотрубки?
8. Основные применения углеродных нанотрубок.
9. Что означает гидрофобное вещество?
10. Основные типы пленок Ленгмюра – Блоджетт.
11. Каким образом пленки Ленгмюра – Блоджетт прикрепляются к подложке: углеводородным хвостом или полярной головой?
12. Основной недостаток пленок Ленгмюра – Блоджетт.
13. Для получения каких материалов используют золь – гель – технологию?
14. Какой химический процесс лежит в основе золь – гель – технологии?

**Вариант 2**

1. Какое вещество имеет химическую формулу  $C_{60}$ ?
2. Справедливо ли утверждение, что молекула фуллерена имеет в структуре только шестиугольники?
3. Что собой представляют интеркалированные соединения?
4. К каким материалам относят фуллерены по проводящим свойствам?
5. Что такое хиральность?
6. Может ли углеродная трубка быть многослойной?
7. Чему равен минимальный диаметр однослойной трубки?
8. Почему углеродные нанотрубки обладают высокой механической прочностью и электропроводностью?
9. Чему должен равняться коэффициент растекания жидкости, чтобы наблюдалось самопроизвольное растекание по поверхности?
10. Каким образом наносят слои в методе Ленгмюра – Блоджетт?
11. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий угол острый, а отстающий – тупой?
12. Почему в пленках Ленгмюра – Блоджетта практически отсутствуют дефекты?
13. На чем основана золь – гель технология?
14. Основное отличие золя от геля.

**Вариант 3**

1. Чем отличается фуллерен от фуллерита?
2. Атомы какого элемента образуют молекулу фуллерена?
3. Что такое эндоэдральный фуллерен?
4. Можно ли использовать фуллерены для создания устройств памяти?
5. Что такое углеродные нанотрубки?
6. Основное отличие структуры нанотрубки от фуллерена.
7. Что такое структура углеродной нанотрубки типа «зиг заг»?

8. Какое вещество используют для получения углеродных нанотрубок с помощью пиролиза?
9. Что собой представляют амфифильные вещества?
10. Какой тип пленок Ленгмюра – Блоджетт является неполярным?
11. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий и отступающий углы острые?
12. Основное преимущество пленок Ленгмюра – Блоджетт.
13. Можно ли с помощью золь-гель – технологии получать эпитаксиальные слои?
14. Что используют в качестве исходных веществ в золь – гель технологии?

#### *Вариант 4*

1. Какова структура фуллерена?
2. Справедливо ли утверждение, что молекула фуллерена может быть образована только 60 атомами?
3. Что такое фуллерид?
4. Почему при дуговом разряде могут образоваться фуллерены? Какова их доля в продуктах реакции?
5. Перечислите основные типы углеродных нанотрубок по структуре.
6. Какой способ сворачивания углеродной нанотрубки обеспечивает проводниковую проводимость?
7. Что такое онионные структуры?
8. Особенность лазерного синтеза нанотрубок.
9. Чему должен равняться коэффициент растекания жидкости, чтобы наблюдалось образование «линз» на поверхности?
10. Могут ли пленки Ленгмюра – Блоджетт быть многослойными? Назовите максимальное количество слоев.
11. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий угол тупой, а отступающий - острый?
12. Основной электрический параметр пленок Ленгмюра – Блоджетт.
13. Что такое золи? Какую структуру имеют?
14. Какова роль воды в золь – гель – технологии?

#### *Вариант 5*

1. Что такое фуллерен?
2. Какая молекула фуллерена является наиболее стабильной? Запишите формулу.
3. Чему равна ширина запрещенной зоны фуллерена?
4. Можно ли отнести фуллериты к плотным материалам? Какова доля пустот в них?
5. Могут ли тубулярные структуры быть неуглеродными?
6. Перечислите основные типы многослойных нанотрубок.
7. Что такое структура углеродной нанотрубки типа «гофр»?
8. Основной метод получения нанотрубок.
9. Что означает гидрофильное вещество?
10. От чего зависит тип пленки Ленгмюра – Блоджетт?
11. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий и отступающий углы тупые?
12. Справедливо ли утверждение, что пленки Ленгмюра – Блоджетт имеют кристаллическую структуру?
13. Что такое гели? Какую структуру имеют?
14. Основные стадии золь – гель технологии.

### **Контрольная работа к модулю 2.**

#### *Вариант 1*

1. Почему кремний является основным материалом современной микроэлектроники?
2. Каким образом возможно управлять длиной волны излучения в пористом кремнии?
3. Что такое черный кремний и где его используют?
4. Чем отличаются оптические свойства пористого кремния от монокристаллического?
5. При каком поперечном размере пор  $R$  пористый кремний можно считать макропористым?
6. Какой тип пленок Ленгмюра – Блоджетт является неполярным?
7. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий и отступающий углы тупые?
8. Каким образом в методе Ленгмюра – Блоджетт формируют преимущественную ориентацию углеводородных радикалов, образующих «частокон Ленгмюра»?
9. Для получения каких наноматериалов используют золь –гель технологию?
10. Справедливо ли утверждение, что методом золь –гель технологии получают аморфные неорганические вещества,
11. Что такое нанокompозитные материалы?
12. Можно ли использовать для получения нанокompозитов метод Ленгмюра – Блоджетт?

### **Вариант 2**

1. Каким образом можно расширить использование монокристаллического кремния в оптоэлектронике?
2. Каковы перспективы применения пористого кремния в наноэлектронике?
3. При каких условиях наблюдается гашение ФЛ в пористом кремнии?
4. Возможно ли использовать пористый кремний, поры которого заполнены другими химическими соединениями?
5. Для чего используют «жидкий» (аморфный) кремний?
6. Почему в пленках Ленгмюра – Блоджетта практически отсутствуют дефекты?
7. Основной электрический параметр пленок Ленгмюра – Блоджетт.
8. Каким образом при формировании пленки Ленгмюра – Блоджетт молекулы прикрепляются к подложке: углеводородным хвостом или полярной головой?
9. Какие вещества органические или неорганические получают методом золь –гель – технологии?
10. Метод золь –гель – технологии основан на \_\_\_\_\_ неорганических веществ.
11. Какие материалы называют композиционными?
12. Что используют в качестве наполнителя в нанополимерных композитах: полимеры или неорганику?

### **Вариант 3**

1. Применение пористого кремния.
2. Каково электрическое сопротивление пористого кремния?
3. При каких значениях пористости низкоразмерный кремний генерирует видимый свет?
4. Что является характерной особенностью пористого кремния?
5. Что понимают под понятием «жидкий кремний»?
6. Что означает гидрофильное вещество?
7. От чего зависит тип пленки Ленгмюра – Блоджетт?
8. Справедливо ли утверждение, что пленки Ленгмюра – Блоджетт имеют кристаллическую структуру?
9. Что такое гели? Какую структуру имеют?
10. Основные стадии золь –гель технологии.

11. Как классифицируются композиционные материалы по структуре компонентов?
12. Какие материалы относят к керамическим композитам?

#### **Вариант 4**

1. Что такое пористый кремний?
2. Сравните теплопроводности монокристаллического и пористого кремния.
3. Какие виды люминесценции можно наблюдать в пористом кремнии?
4. Что является основным недостатком электролюминесцентных структур на основе пористого кремния?
5. Каким образом получают «черный» кремний?
6. Чему должен равняться коэффициент растекания жидкости, чтобы наблюдалось образование «линз» на поверхности?
7. Могут ли пленки Ленгмюра – Блоджетт быть многослойными? Назовите максимальное количество слоев.
8. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий угол тупой, а отступающий - острый?
9. Что такое золи? Какую структуру имеют?
10. Какова роль воды в золь – гель – технологии?
11. Из каких компонентов состоит композиционный материал?
12. Для чего используют нанокompозиты?

#### **Вариант 5**

1. Структурные модификации пористого кремния.
2. Справедливо ли утверждение, что пористый кремний является аморфным по структуре?
3. Что является характерной особенностью пористого кремния?
4. Возможно ли использовать пористый кремний для создания светодиодов?
5. Какова структура «черного» кремния?
6. Что собой представляют амфифильные вещества?
7. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий и отступающий углы острые?
8. Основное преимущество пленок Ленгмюра – Блоджетт.
9. Можно ли с помощью золь – гель – технологии получать эпитаксиальные слои?
10. Что используют в качестве исходных веществ в золь – гель технологии?
11. Может ли композиционный материал состоять из трех или четырех компонентов?
12. Какие материалы относят к полимерным композитам?

#### **Вариант 6**

1. При каких значениях пористости кремний можно считать материалом наноэлектроники?
2. Присутствие носителей заряда какого знака необходимо для получения низкоразмерного кремния при анодировании?
3. Перечислите основные недостатки кремния как материала наноэлектроники.
4. Какой метод используется для придания кремнию пористой структуры?
5. Для чего используют «черный» кремний?
6. Чему должен равняться коэффициент растекания жидкости, чтобы наблюдалось самопроизвольное растекание по поверхности?
7. Каким образом наносят слои в методе Ленгмюра – Блоджетт?



8. Каков тип наносимой пленки Ленгмюра – Блоджетт, если и набегающий угол острый, а отступающий – тупой?
9. На чем основана золь – гель технология?
10. Основное отличие золя от геля.
11. Какой компонент композиционного материала называют матрица?
12. Можно ли использовать для создания нанокompозитов углеродные материалы (графен, например)?

#### **Вариант 7**

1. Как классифицируется пористый кремний по размеру пор?
2. Что понимают под пористостью низкоразмерного кремния?
3. В какой области спектра можно наблюдать люминесценцию пористого кремния?
4. В кремнии какого типа проводимости легче формировать пористую структуру?
5. Справедливо ли утверждение, что «черный» кремний можно использовать в струйных принтерах для печати транзисторов?
6. Что означает гидрофобное вещество?
7. Основные типы пленок Ленгмюра – Блоджетт.
8. Основной недостаток пленок Ленгмюра – Блоджетт.
9. Для получения каких материалов используют золь – гель – технологию?
10. Какой химический процесс лежит в основе золь – гель – технологии?
11. Что называют армирующим компонентом или наполнителем в композиционных материалах?
12. Назовите основной метод для получения нанокompозитов.

#### **Вопросы к зачету.**

1. Перечислите известные Вам углеродные наноструктуры.
2. Что такое фуллерен?
3. Может ли фуллерен иметь кристаллическую структуру?
4. Чем отличается фуллерит от фуллерида?
5. Основные методы получения фуллеренов.
6. Что такое эндоэдральные структуры?
7. Опишите интеркалированные соединения.
8. Какова зонная структура фуллеренов?
9. Справедливо ли утверждение, что фуллерены проявляют полупроводниковые свойства?
10. Чем отличаются фуллерены от углеродных трубок?
11. Какова структура углеродных трубок?
12. Как классифицируются углеродные трубки по структуре?
13. Что такое хиральность?
14. Может ли нанотрубка быть многослойной?
15. Структуры многослойных трубок.
16. Методы получения углеродных трубок.
17. Какую проводимость проявляют углеродные нанотрубки?
18. Экзо и эндопроизводные фуллерена. Интеркалированные соединения.
19. Влияние хиральности нанотрубки на ее свойства.

20. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок.
21. Применение углеродных нанотрубок.
22. Способы создания перехода металл-полупроводник на основе углеродных нанотрубок.
23. Перечислите типы нанопористых материалов.
24. Что такое цеолиты и где они применяются?
25. Что такое амфифильные вещества?
26. Перечислите типы пленок Ленгмюра – Блоджетта.
27. Метод получения пленок Ленгмюра – Блоджетта.
28. Свойства пленок Ленгмюра – Блоджетта.
29. Получение моно-и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетта.
30. Что такое нанокompозитный материал?
31. Перечислите основные типы нанокompозитов.
32. Чем отличается металлический нанокompозит от полимерного?
33. Керамические нанокompозиты.
34. Методы получения нанокompозитов.
35. Что такое нанокompозитные покрытия.
36. Что такое сверхрешетки?
37. Какие методы компактирования Вам известны?
38. Каковы свойства аморфных металлических систем?

### **Тематика рефератов**

1. Фуллерены в электронике и наноэлектронике.
2. Углеродные нанотрубки в электронике.
3. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок.
4. Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.
5. Применение углеродных нанотрубок в технологии полупроводниковых приборов.
6. Композиты полимер – углеродные трубки.
7. Методы получения аморфных металлических сплавов.
8. Области применения гибридных нанокompозитов.
9. Аморфные металлические сплавы.
10. Аморфные углеродные материалы.
11. Ленгмюровские пленки – резистивный материал для нанолитографии.
12. Наноструктурированные многослойные материалы.
13. Нанопористые материалы.
14. Цеолиты – нанопористый материал.
15. Кристаллы из металлических наночастиц.
16. Нанокристаллические материалы для магнитной записи.
17. Наноструктурированные материалы для фотоники.
18. Металлические нанокластеры в оптических стеклах.

19. Полупроводниковые сверхрешетки.
20. Применение наноструктур для создания элементов приборных структур.
21. Нанокompозитные покрытия.
22. Методы структурного и химического анализа наноматериалов.
23. Получение гибридных нанокompозитов золь – гель методом.

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

*Текущий контроль* по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

*Промежуточный контроль* по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

#### **Критерии оценок на зачетах и экзаменах.**

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

*Основная литература:*

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Бином. Лаборатория знаний, 2012, - 432 С. - 10 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Борисенко В. Е. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 366 С.- 15 (в научной библиотеке ДГУ).
3. Наноматериалы, нанопокpытия, нанотехнологии: Учебное пособие /Азаренков Н. А., Береснев В. М., Погребняк А. Д., Маликов Л. В., Турбин П. В.– Х.: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2014072779273/nanomateriali-nanopokritiya-nanotehnologii-azarenkov-n-a-beresnev-v-m-pogrebnyak-a-d-malikov-l-v-turbin-p-v-2009.html>
4. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в Электронике. М., Техносфера, 2005, 450 С. – свободный доступ: [http://www.studmed.ru/chaplygin-yua-red-nanotehnologii-v-elektronike\\_9ff2329dc4e.html#](http://www.studmed.ru/chaplygin-yua-red-nanotehnologii-v-elektronike_9ff2329dc4e.html#)

*Дополнительная литература*

1. Мальцев П.П. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения – М.: Техносфера, 2008, - 422 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2014102380248/nanotehnologii-nanomateriali-nanosistemnaya-tehnika-mirovie-dostijeniya-malcev-p-p-2008.html>
2. Михайлов М. Д. Современные проблемы материаловедения. Нанокomпозитные материалы: Учебное пособие — СПб:Изд - во Политехнического университета, 2010, 207 С. – свободный доступ:

<https://nashol.com/2014072779312/sovremennii-problemi-materialovedeniya-nanokompozitnie-materiali-mihailov-m-d-2010.html>

3. Витязь П.А., Свидунувич Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение. Учебное пособие. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 512 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2017032593710/nanomaterialovedenie-vityaz-p-a-svidunovich-n-a-kuis-d-v-2015.html>
4. Андриевский Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы/ Р. А. Андриевский. М.: Лаборатория знаний, 2017.- 255 С. – свободный доступ: <http://avidreaders.ru/book/osnovy-nanostrukturnogo-materialovedeniya-vozmozhnosti-i-problemy.html>
5. Шелованова Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: Курс лекций. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 220 С. – свободный доступ: [http://www.studmed.ru/shelovanova-gn-aktualnye-problemy-sovremennoy-elektroniki-i-nanoelektroniki-kurs-lekciy\\_e37d77e6f8e.html](http://www.studmed.ru/shelovanova-gn-aktualnye-problemy-sovremennoy-elektroniki-i-nanoelektroniki-kurs-lekciy_e37d77e6f8e.html)

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и наноэлектроника.:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru/> Доступ бессрочный.
3. Доступ кэлектронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.

11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS** <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
14. **БДSAGEPremier.ЖурналыSagePublications:**<http://journals.sagepub.com/> . Доступ открыт с 01 января 2018 г.
15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com). Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Магистр в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Магистр должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому магистру следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
<i>Лекция</i>	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
<i>Практические занятия</i>	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
<i>Реферат</i>	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
<i>Подготовка к зачету</i>	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером: *с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.*

Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС ВО. На кафедре функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: «Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники», «Физика и технология тонкопленочных структур», «Электрически активные диэлектрики в электронике», «Физическая химия полупроводников и диэлектриков».

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.