



## АННОТАЦИЯ

### рабочей программы учебной дисциплины

### **Б1.В.ДВ.07.02 Методы исследований полупроводниковых материалов**

### Направление подготовки бакалавриата

### **03.03.02 Физика**

1.	<p><b>Цель изучения дисциплины</b></p> <p>Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, электрофизических и оптических свойств полупроводниковых материалов</p> <p><b>Учебные задачи курса</b></p> <p>Задачей изучения дисциплины является: сформировать представления об особенностях формирования физических свойств в различных материалах; изучить теоретические концепции и модели, описывающие физику явлений, характерных для различных конденсированных состояний вещества; освоить основные понятия и методы теоретического описания актуальных проблем теории конденсированного состояния вещества; развить умения использовать синхротронное излучение для исследования структур полупроводников и диэлектриков.</p> <p>Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.</p>								
2.	<p><b>Место дисциплины в структуре ОПОП ВО бакалавриата</b></p> <p>Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору. Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.</p> <p>Для освоения дисциплины используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: Общая физика (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, атомная и ядерная физика); разделы теоретической физики: теоретическая механика, электродинамика основные положения квантовой механики, термодинамику и статистическую физику, физическую кинетику, структуру и прочность полимерных материалов, композиционные материалы; сведения из математического анализа.</p> <table><tr><td>Дисциплины и практики, знания и умения по которым необходимы как "входные" при изучении данной дисциплины.</td><td>Мат.анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Диф.уравнения, Теория вероятности и математическая статистика, Общая физика, Теоретическая механика. Механика сплошных сред</td></tr><tr><td>Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:</td><td><ul style="list-style-type: none"><li>- Квантовая теория</li><li>- Статистическая физика</li></ul></td></tr></table> <p>Формы работы студентов - семинарские занятия. Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме выполнения домашних заданий, подготовки к лабораторным работам. Виды текущего контроля - проверка домашних заданий, устный опрос, проверка контрольной работы. Форма итогового контроля – зачет с оценкой.</p>	Дисциплины и практики, знания и умения по которым необходимы как "входные" при изучении данной дисциплины.	Мат.анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Диф.уравнения, Теория вероятности и математическая статистика, Общая физика, Теоретическая механика. Механика сплошных сред	Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Квантовая теория</li><li>- Статистическая физика</li></ul>				
Дисциплины и практики, знания и умения по которым необходимы как "входные" при изучении данной дисциплины.	Мат.анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Диф.уравнения, Теория вероятности и математическая статистика, Общая физика, Теоретическая механика. Механика сплошных сред								
Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Квантовая теория</li><li>- Статистическая физика</li></ul>								
3	<p><b>Результаты освоения дисциплины (модуля) «Методы исследования твердых тел»</b></p> <table><tr><td>Код компетенции</td><td>Наименование компетенции</td><td>Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)</td><td>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</td></tr><tr><td>ПК-3.</td><td>Способность</td><td>ПК-3.1. Способен оценить ак-</td><td>Знать: Анализировать</td></tr></table>	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:	ПК-3.	Способность	ПК-3.1. Способен оценить ак-	Знать: Анализировать
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:						
ПК-3.	Способность	ПК-3.1. Способен оценить ак-	Знать: Анализировать						



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет**

		использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	туальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования. ПК-3.2 Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы. ПК-3.3. Способен адекватно применить математический инструментальный при формулировке моделирующих физических процесс уравнений.	задачу, выделяя ее базовые составляющие Уметь: Осуществлять поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов Владеть: При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения
	ПК-4	Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и разработок	ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности. ПК-4.2 Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности ПК-4.3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности	Знать: Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для электронно-микроскопического анализа Уметь: Проводить металлографический анализ металлов и сплавов. Проводить измерения микротвердости. Проводить пробоподготовку объектов для электронно-микроскопического анализа. Работать с вакуумными установками ВУП-4 и ВУП-Работать с электронным микроскопом ЭМ-125 Владеть: Методиками подготовки объектов для металлографического и электронно-микроскопического анализа. Владеть инструментальными методами исследования структуры металлов и сплавов.
	ПК-5.	Способен проводить работу по обработке и анализу научно-технической информации и ре-	ПК-5.1. Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок. ПК-5.2. Анализирует научные	Владеть: технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения фи-



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет**

		<p>зультатов исследований.</p>	<p>данные, результаты экспериментов и наблюдений в соответствующей области знаний.</p>	<p>зических задач и анализа ситуаций;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов;</p> <p>Знать:</p> <p>сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования.</p>
	ПК-6.	<p>Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований</p>	<p>ПК-6.1. Обладает мотивацией к проектной деятельности, обладает способностями, необходимыми для самообразования и профессионального роста.</p> <p>ПК-6.2. Обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программы.</p> <p>ПК-6.3. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений.</p> <p>ПК-6.4. Знает принципы организации работы в коллективе проектировщиков.</p>	<p>Владеть:</p> <p>технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов;</p> <p>Знать:</p> <p>сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования</p>
4.	<p><b>Содержание дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»</b></p> <p>1. Методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур.</p> <p>Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Двухзондовый метод измерения. Четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-</p>			



дер-Пау. Бесконтактные методы измерения.

Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.

Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда. Измерение времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда.

2. Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью электронной микроскопии.

Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Полевая эмиссионная и ионная микроскопия. Отражательная электронная микроскопия. Микроскопия медленных электронов. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

3. Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

Принципы работы СЗМ. Формирование и обработка СЗМ изображений. Основные методы СЗМ. Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).

4. Методы анализа с помощью электронной и ионной спектроскопии.

Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС). Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий. Вторичная ионная масс-спектроскопия.

5. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.

Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел. Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок. Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел. Дифракционные методы оценки структуры поверхности монокристаллов.

6. Оптические методы исследования полупроводников и полупроводниковых структур. Физические принципы эллипсометрии. Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии. Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.

5.

### Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используется мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;
- лабораторные занятия проводятся с использованием оборудования лабораторий
- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов.



6.	<b>Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины</b>
	<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ.</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур.</li><li>2. Двухзондовый метод измерения.</li><li>3. Четырехзондовый метод измерения.</li><li>4. Метод Ван-дер-Пау.</li><li>5. Бесконтактные методы измерения.</li><li>6. Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.</li><li>7. Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда.</li><li>8. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда.</li><li>9. Измерение времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда.</li><li>10. Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов.</li><li>11. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).</li><li>12. Полевая эмиссионная и ионная микроскопия.</li><li>13. Отражательная электронная микроскопия.</li><li>14. Микроскопия медленных электронов.</li><li>15. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).</li><li>16. Принципы работы СЗМ.</li><li>17. Формирование и обработка СЗМ изображений.</li><li>18. Основные методы СЗМ. Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).</li><li>19. Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов.</li><li>20. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).</li><li>21. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС).</li><li>22. Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.</li><li>23. Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий.</li><li>24. Вторичная ионная масс-спектроскопия.</li><li>25. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.</li><li>26. Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов.</li><li>27. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок.</li><li>28. Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел.</li><li>29. Дифракционные методы оценки структуры поверхности монокристаллов.</li><li>30. Физические принципы эллипсометрии.</li><li>31. Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии.</li><li>32. Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.</li></ol>
7.	<b>Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины</b> <b>Основная литература</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Федорович параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь,</li></ol>





	<p>1985. – 264 с.</p> <p>2. Павлов измерения параметров полупроводниковых материалов: Учеб. для вузов по спец. «Полупроводниковые и микроэлектронные приборы». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВШ, 1987. – 239 с.</p> <p>3. Миронов сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособ. для студентов старших курсов высших учебных заведений. – Н. Новгород: ИФМ РАН, 2004. – 110 с.</p> <p>4. Введение в физику поверхности. – М.: Наука, 2006. – 490 с.</p> <p>5. Нанотехнологии. – М. Техносфера, 2005. – 336 с.</p> <p><b>Дополнительная литература:</b></p> <p>1. Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989. – 564 с.</p> <p>2. В. Стриха исследования полупроводников. – К.: Выпашк. Головное издательство, 1988. – 232 с.</p> <p>3. Основы анализа поверхности и тонких плёнок: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 344 с.</p> <p>4. Щука. – М. Физматкнига, 2007. – 464 с.</p> <p>5. Щука. – 2-е изд., перераб. и доп. – С.-П.: БХВ-Петербург, 2008 г. – 752 с.</p>																								
6.	<p><b>Используемые ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Internet»; информационные технологии, программные средства и информационно-справочные системы</b></p> <table> <tr> <th>Название ресурса</th><th>Ссылка/доступ</th></tr> <tr> <td>Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»</td><td><a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a></td></tr> <tr> <td>«Образовательный ресурс России»</td><td><a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a></td></tr> <tr> <td>Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА</td><td><a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a></td></tr> <tr> <td>Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)</td><td><a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a></td></tr> <tr> <td>Русская виртуальная библиотека</td><td><a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a></td></tr> <tr> <td>Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»</td><td><a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm</a></td></tr> <tr> <td>Научная электронная библиотека «e-Library»</td><td><a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a></td></tr> <tr> <td>Электронно-библиотечная система IPRbooks</td><td><a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a></td></tr> <tr> <td>Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»</td><td><a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a></td></tr> <tr> <td>Информационно-правовая система «Гарант»</td><td>Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ</td></tr> <tr> <td>Электронно-библиотечная система «Юрайт»</td><td><a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a></td></tr> </table>	Название ресурса	Ссылка/доступ	Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>	Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>	Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>	Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>	Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm</a>	Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>	Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>	Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ	Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>
Название ресурса	Ссылка/доступ																								
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>																								
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>																								
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>																								
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>																								
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>																								
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archivs/Index.htm</a>																								
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>																								
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>																								
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>																								
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ																								
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>																								
7.	<p><b>Формы текущего контроля</b></p> <p>Тестирование по разделам, контрольные работы, защита лабораторных работ, коллоквиумы.</p>																								
8	<p><b>Форма промежуточного контроля</b> – зачет с оценкой</p>																								

**Разработчик: доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.**