



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет
Кафедра физической электроники

Рабочая программа дисциплины
«ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

по специальности: 1.3.5. Физическая электроника

Уровень образования: подготовка научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Махачкала 2023

Рабочая программа по дисциплине физическая электроника составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. №951. Научная специальность **1.3.5. Физическая электроника.**

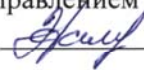
Разработчик (и): кафедра физической электроники, д.ф.-м.н., профессор Н.А. Ашурбеков 

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании Совета физического факультета от «31» марта 2023 г.,
протокол № 7.

1 Декан  В.С. Курбанисмаилов

на заседании Методической комиссии физического факультета
«3» марта, 2023 г., протокол № 7.

Председатель  Ж.Х. Мурлиева

Рабочая программа согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры «30» 03 2023 г.  Э.Т. Рамазанова

Аннотация рабочей программы дисциплины.

Дисциплина «Физическая электроника» входит в дисциплины, направленные на сдачу кандидатского минимума. Дисциплина реализуется на факультете физическом, кафедрой физической электроники. Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с результатами, достигнутыми в физической электронике, а именно: с вопросами движения электронов и ионов (в вакууме) в электрических и магнитных полях, фокусировки электронных и ионных потоков, взаимодействии электронных потоков с электромагнитными полями, получения изображения с помощью электронных и ионных пучков; а также с принципом действия и особенностями как существующих, так и вновь разрабатываемых приборов.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физическая электроника» является: подготовка аспирантов к профессиональной деятельности в сфере науки, движения электронов и ионов (в вакууме) в электрических и магнитных полях, фокусировки электронных и ионных потоков, взаимодействии электронных потоков с электромагнитными полями, получения изображения с помощью электронных и ионных пучков; с принципом действия и особенностями как существующих, так и вновь разрабатываемых приборов.

Задачи дисциплины: формирование и углубление целостных представлений о современных аспектах физической электроники, а также формирование вектора выбранного направления исследования и задач для достижения цели диссертационной работы. Уметь применить полученные знания на практике, при проведении научных исследований.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина: Физическая электроника к Образовательному компоненту: «Дисциплин, в том числе направленных на сдачу кандидатского экзамена» программы аспирантуры по специальности: **1.3.5. Физическая электроника.**

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

После освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<p align="center">Результаты освоения ОП</p>	<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p>
<p>Способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе, в междисциплинарных областях</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные методы научно-исследовательской работы. • Методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах, критически оценивать научную информацию. • Анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать результаты реализации этих вариантов; • При решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. • Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
<p>Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации. • Современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-графические методы исследования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками поиска (в том числе с

технологий	<p>использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов. • Навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.
<p>Способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов и обработке и интерпретации полученных результатов, а так же обосновывать принятое техническое решение, оценивать возможные последствия его внедрения.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • физические основы физики конденсированного состояния; • Методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния, в том числе, установления связи фундаментальных свойств; • Нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР. • Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики конденсированного состояния; • Использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике конденсированного состояния; • Пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования свойств конденсированных сред. • Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. • Готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной сфере научной деятельности.

Модуль 1.									
1	Введение. Движение электронов в электрических и магнитных полях в вакууме. Методы решения и экспериментального исследования электрических и магнитных полей.	5		5	4			9	
2	Движение электронов в осесимметрическом электрическом поле. Основное уравнение электронной оптики. Методы решения основного уравнения электронной оптики. Электростатические электронные линзы. Типы электронных линз. Электростатические электронные зеркала.	5		5	4			9	
<i>Рубежная контрольная работа</i>									Контр. работа
<i>Итого по модулю 1: 36ч.</i>				10	8			18	
Модуль 2.									
3	Фокусирующие устройства. Электронные пушки для формирования малоинтенсивных пучков. Релятивистские электронные пучки. Ускорители. Массанализаторы.	5		5	4			10	
4	Интенсивные электронные пучки. Пушки Пирса. Энергетическое взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Клистроны. Магнетронная частица.	5		5	4			8	Контр. работа

Итого по модулю 2: 36ч.			10	8			18	
Модуль 3. Подготовка к экзамену								
							36	Экзамен
Итого за дисциплину: 108 часов			20	16			72	

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

Модуль 1.

Тема 1. Движение электронов в электрических и магнитных полях в вакууме. Методы решения и экспериментального исследования электрических и магнитных полей.

Лекции. Движение электронов в вакууме, в электрическом и магнитном полях. Движение электрона в однородном электрическом поле. Движение электрона в ускоряющем поле. Движение электрона в тормозящем поле. Движение электрона в однородном поперечном поле. Движение электронов в однородном магнитном поле. Анализ энергии электронов методом тормозящего поля.

Тема 2. Движение электронов в осесимметрическом электрическом поле. Основное уравнение электронной оптики. Методы решения основного уравнения электронной оптики. Электростатические электронные линзы. Типы электронных линз. Электростатические электронные зеркала.

Лекции. Характеристики электрона, напряженность электрического поля, принцип суперпозиции, потенциал электрического поля, работа сил электрического поля. Основные фотометрические величины и их единицы. Элементы геометрической и электронной оптики. Основные законы оптики. Полное отражение. Тонкие линзы. Изображение предметов с помощью линз. Аберрации (погрешности) оптических систем. Параметры увеличения в электронной линзе. Тонкие электростатические линзы. Основные типы электростатических линз.

Модуль 2.

Тема 3. Фокусирующие устройства. Электронные пушки для формирования малоинтенсивных пучков. Релятивистские электронные пучки. Ускорители. Массанализаторы.

Лекции. Фокусирующие системы. «Короткие» и «длинные» магнитные линзы. Цилиндрические и четырехполюсные магнитные линзы.

Отклоняющие системы. Расчет электронно-оптической системы. Расчет пушки Пирса сферического типа. Микропервееанс. Радиус пучка. Расчет отклоняющей системы. Тепловой расчет системы. Расчет импульсного режима. Расчет траектории движения электронов. Релятивистские электронные пучки. Ускорители. Массанализаторы.

Тема 4. Интенсивные электронные пучки. Пушки Пирса. Энергетическое взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Клистроны. Магнетронная частица.

Лекции. Создание интенсивных электронных пучков. Поток пространственного заряда. Закон Чайлда — Ленгмюра. Электронные пушки Пирса. Граничные условия для решения уравнения Лапласа. Формирование интенсивных электронных пучков. Фокусировка однородным магнитным полем. Периодическая фокусировка. Эффект Бозрша. Формирование интенсивных ионных пучков. Высокочастотные ионные источники. Плазменные эмиттеры. Особенности клистронов и их разновидности. Пролетные двухрезонаторные клистроны. Многорезонаторные усилительные клистроны. Клистроны с распределенным взаимодействием и твистроны. Отражательные клистроны. Классические многорезонаторные магнетроны. Коаксиальные и обращенные магнетроны. Магнетроны, настраиваемые напряжением. Релятивистские магнетроны.

Модуль 3.

Подготовка к экзамену.

5. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации обучающегося

В течение семестра аспиранты 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 практическим занятиям, охватывающие базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль: экзамен в конце семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка реферата (до 5 страниц), презентации и доклада (10-15 минут)
4. Подготовка к экзамену.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов:

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Текущий контроль: Прием реферата, презентации, доклада и оценка качества их исполнения на мини-конференции.
2. Промежуточная аттестация.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лекции, выполняемый для оперативной активизации внимания аспирантов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе экзаменационного вопроса. Примерно с пятой недели семестра - в форме контроля самостоятельной работы по подготовке рефератов, содержание которых будет представлено публично на мини-конференции и сопровождено презентацией и небольшими тезисами в электронной форме. Выбор темы реферата согласуется с лектором. Практикуется два типа тем - самостоятельное изучение конкретной проблемы или ознакомление с учебным дистанционным курсом по теме курса. Результаты самостоятельной работы играют роль допуска к экзамену.

Промежуточная аттестация: Для допуска надлежит сделать сообщение на мини-конференции, представить презентацию и собственно

текст реферата. Зачет проходит в устной форме в виде ответов на билеты и, если понадобится, то на дополнительные контрольные вопросы, которые задает экзаменатор при необходимости уточнить оценку.

- Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса и демонстрацию способности самостоятельно анализировать вопросы применения и развития современных ИТ.

- Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

- Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и аспирант не может показать владение материалом курса.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Тематика рефератов ежегодно подвергается пересмотру и обновлению соответственно появлению новых перспективных средств и методов работы с информацией. Предлагается следующий список рефератов, который может быть расширен и уточнен при обсуждении и конкретизации с аспирантами.

Примеры тем рефератов.

1. Динамические массанализаторы. Омегатрон.
2. Магнеторезонансный и цилотроннорезонансный массанализаторы.
3. Расчет разрешающей силы масс- спектрометра системы Демистера.
4. Интенсивные электронные пушки.
5. Действие пространственного заряда в пучках.
6. Понятие кроссовера пучка.
7. Принцип построения пушек Пирса.
8. Пушки Пирса с параллельным пучком.
9. Пушки Пирса со сходящимся пучком.
10. Системы формирования пучков с однородным магнитным полем.
11. Теорема Буша для аксиально- симметричного пучка.
12. Трубчатые пучки.
13. Магнетронные пушки.
14. Системы формирования с периодическим магнитным полем, и с периодическим электрическим полем.

Типовые тестовые задания для оценки качества освоения дисциплины

1. Что общего между движением электронов в электрическом поле и распространением света в оптической среде? 1. Энергия электрона и фотона меняется. 2. Энергия электрона и фотона не меняется. 3. Выполняется принцип Ферма.
2. Какой из указанных методов экспериментального исследования электрических полей является более точным? 1. Метод электроинтеграторов. 2. Метод электролитической ванны. 3. Метод упругой мембраны.
3. Какой из экспериментальных методов исследования магнитных полей является более точным? 1. Метод датчика Холла. 2. Метод баллистического гальванометра. 3. Метод Милли веберметра.
4. Какое напряжение используется в методе электролитической ванны. 1. Постоянное напряжение. 2. Переменное напряжение ($f=50\text{Гц}$). 3. Переменное напряжение ($f=1\text{МГц}$). 4. Переменное напряжение ($f=10\text{Гц}$)
5. Какой вывод можно сделать из общего вида основного уравнения электронной оптики? 1. Осесимметрическое электрическое поле обладает фокусирующими свойствами по отношению к электронам движущихся в этом поле. 2. Уравнение не однородно по отношению к осевому потенциалу. 3. Траектории электронов в осесимметрическом электрическом поле необратимы.
6. Какой метод решения можно применить, если известно осевое распределение потенциала? 1. Метод последовательных приближений. 2. Метод линейных отрезков. 3. Метод гравитационного моделирования.
7. Какой ответ является правильным? Электростатическая электронная линза- это область осесимметрического электрического поля в которой вторая производная осевого потенциала 1. больше нуля 2. меньше нуля 3. равна нулю.
8. От чего зависит оптическая сила электростатической электронной линзы? 1. От напряженности поля внутри линзы. 2. От заряда электрона. 3. От массы электрона.
9. Чем определяется тип электростатической электронной линзы? 1. Характером распределения осевого потенциала. 2. Характером изменения первой производной осевого потенциала. 3. Характером изменения второй производной осевого потенциала.
10. В каком случае электростатическая электронная линза будет электронным зеркалом? 1. Потенциалы электродов линзы выше

потенциала катода. 2. Потенциал, хотя бы одного электрода линзы ниже потенциала катода.

11. От чего зависит оптическая сила короткой магнитной линзы? 1. От напряженности магнитного поля в линзе. 2. от квадрата напряженности магнитного поля. 3. От квадрата радиуса катушки.
12. От чего зависит угол поворота изображения в магнитной линзе? 1. От положения изображаемой точки относительно линзы. 2. От напряженности магнитного поля в линзе. 3. От квадрата напряженности магнитного поля.
13. Для чего в магнитной линзе, катушку заключают в ферромагнитную оболочку? 1. Для сжатия магнитного поля вдоль оси. 2. Для увеличения оптической силы магнитной линзы. 3. Для уменьшения угла поворота изображения.
14. От чего зависит оптическая сила цилиндрической электростатической электронной линзы? 1. От заряда электрона. 2. От массы электрона. 3. От напряженности электрического поля в линзе.
15. От чего зависит оптическая сила тонкой, слабой квадрупольной электростатической линзы? 1. От скорости электронов. 2. От материала электродов. 3. От значения потенциала на оси.
16. Что общего в траектории параксиальных электронов движущихся в осесимметричных электрическом и магнитном полях? 1. Траектории плоские кривые. 2. Траектории обратимы. 3. Траектории пересекают ось симметрии.
17. С чем связано возникновение сферической аберрации электронных линз? 1. С непараксиальностью электронных траекторий в плоскости предмета. 2. С разбросом начальных скоростей электронов. 3. С непараксиальностью электронных траекторий в плоскости линзы.
18. С чем связано возникновение хроматической аберрации электронных линз? 1. С разбросом начальных скоростей электронов. 2. С взаимодействием электронов в пучке. 3. С нарушением осевой симметрии поля.
19. Как будет отображаться точечный объект цилиндрической электронной линзой. 1. Точкой. 2. Кругом. 3. Отрезком прямой.
20. Как будет отображаться точечный объект квадрупольной электронной линзой? 1. Точкой. 2. Кругом. 3. Отрезком прямой.
21. Какое преимущество квадрупольных электронных линз над осесимметричными линзами? 1. Создают хорошо сфокусированное

изображение точки. 2. Оптическая сила их больше. 3. Аберрация меньше.

22. Как изменится оптическая сила одиночной линзы (средний электрод которой соединен с катодом) с увеличением потенциала крайних электродов. 1. Оптическая сила увеличится. 2. Оптическая сила уменьшится. 3. Оптическая сила останется без изменения.
23. От чего зависит чувствительность электростатического отклонения? 1. От заряда электрона. 2. От массы электрона. 3. От ускоряющего напряжения.
24. От чего зависит чувствительность магнитного отклонения? 1. От величины магнитного поля. 2. От тока пучка. 3. От заряда и массы частицы.
25. Какие требования предъявляются к электронному прожектору? 1. Электронно-оптическая система должна обеспечивать в плоскости экрана минимальное сечения электронного пучка. 2. Элементы прожектора должны быть изготовлены из ферромагнитных материалов.
26. Какими факторами можно охарактеризовать действие пространственного заряда в пучке? 1. Расширением электронного пучка в пространстве свободном от поля. 2. Возрастанием тока пучка. 3. Ростом потенциала в пучке.
27. Какие силы действуют на границе осесимметричного электронного пучка? 1. Радиальная кулоновская сила направленная от оси пучка, т.е. стремящаяся увеличить радиус пучка. 2. Сила Лоренца, создаваемая движущимися электронами, направленная от оси пучка.
28. От чего зависит радиальная составляющая напряженности электрического поля, создаваемая пространственным зарядом, на границе пучка? 1. От радиуса пучка. 2. От длины пучка. 3. От распределения потенциала внутри пучка.
29. Какое преимущество имеет система с периодической фокусировкой по сравнению с ограничивающими системами с однородным магнитным полем? 1. высокая экономичность. 2. занимает много пространства. 3. позволяет получить гладкие пучки (например, бриллюэновского пучка).
30. В чем отличие электронных пушек, фокусирующих интенсивные пучки (Пушки Пирса), от пушек с небольшим первенсом. 1. пушки Пирса-однопотенциальные. 2. пушки имеют не менее двух электронных линз. 3. создают на применение пятно минимальных размеров.

31. К каким веществам относятся катодолуминафоры? 1. диэлектрики. 2. полупроводники. 3. металлы
32. От чего зависит коэффициент вторичной электронной эмиссии? 1. От угла падения электронного пучка на кристалл. 2. От тока пучка. 3. От первеанса пучка.
33. Какими свойствами должен обладать люминафор используемый для изготовления экранов? 1. Отсутствие вторично-эмиссионных свойств. 2. Физико-химическая стойкость.
34. Какое преимущество имеют экраны с записью темной строкой над обычными экранами? 1. Большая световая отдача. 2. Высокая разрешающая способность. 3. Спектральная характеристика экрана близка к кривой спектральной чувствительности глаза.
35. Какая операция не производится при масс-спектрометрическом анализе? 1. Превращение исследуемых изотопов в положительные ионы с некоторым зарядом g . 2. Получение ионного пучка путем ускорения ионов в продольном магнитном поле до некоторого значения энергий. 3. Разложение ионного пучка на ряд пучков ионов в зависимости от их массы M при одном и том же g (точнее, в зависимости от M/g).
36. какая задача не решается в масс- спектроскопии? 1. Определение массы частицы. 2. Определение изотопного состава. 3. Определение энергии частицы.
37. Какие частицы не ускоряются в циклотроне? 1. протоны. 2. α - частицы 3. электроны.
38. Какое условие должно быть выполнено для того, чтобы магнитное поле могло влиять на электрический разряд в газе? 1. $r < 1$ 3. $r > 1$
39. На каком явлении основана работа клистрона (пролетного, отражательного), магнетрона? 1. скоростной модуляции потока электронов. 2. На явлении резонанса. 3. Передачи энергии источника тока потоку электронов.
40. Какой общий недостаток клистронов, магнетронов. 1. Небольшая мощность. 2. Небольшую КПД. 3. Энергия электрического потока передается электромагнитному полю непрерывно, а в очень небольшом пространстве между сетками резонатора.
41. Какое преимущество ЛБВ (ЛОВ) над клистронами, магнетронами. 1. генерируют электромагнитные волны в широком спектре частот. 2. Большая мощность. 3. Высокой КПД.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература:

1. Ларионов А.Н., Кураков Ю.И., Воищев В.С. и др. Физические основы электроники и электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ларионов А.Н. и др. — Электрон. текстовые данные. — учебное пособие — Москва: Издательский макет или текст (eBook), 2015. — 433 с. — Режим доступа: https://www.studmed.ru/rosado-l-rosado-l-fizicheskaya-elektronika-i-mikroelektronika_0b8bce1e483.html
2. Федоров С.В. Электроника: учебник / Федоров С.В., Бондарев А.В.. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 218 с. — ISBN 978-5-7410-1368-7. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/54177.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Сиркен М.А. Электроника: методическое пособие к выполнению лабораторно-практических занятий / Сиркен М.А., Герасимов А.С.. — Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2010. — 89 с. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/47967.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Волновая оптика: учебно-методическое пособие / Д.А. Зимняков [и др.]. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-7433-3503-9. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/128031.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
5. Баранов А.В. Волновая оптика. Компьютерный практикум по физике: учебное пособие / Баранов А.В., Давыдков В.В. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. — 78 с. — ISBN 978-5-7782-4527-3. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126550.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Касьянов А.О. Приборы, устройства и методы функциональной электроники: учебное пособие / Касьянов А.О. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. — 123 с. — ISBN 978-5-9275-3987-1. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121926.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7. Максина Е.Л. Электроника: учебное пособие / Максина Е.Л. — Саратов: Научная книга, 2019. — 159 с. — ISBN 978-5-9758-1823-2. — Текст:

электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/81069.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Касьянов А.О. Приборы, устройства и методы функциональной электроники: учебное пособие / Касьянов А.О. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. — 123 с. — ISBN 978-5-9275-3987-1. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121926.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.2. Дополнительная литература:

1. Баранов А.В. Волновая оптика. Компьютерный практикум по физике: учебное пособие / Баранов А.В., Давыдков В.В. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. — 78 с. — ISBN 978-5-7782-4527-3. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126550.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бахтин А.В. Технологические измерения, приборы и информационно-измерительные системы: учебное пособие / Бахтин А.В., Ремизова И.В.. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. — 67 с. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/118418.html> (дата обращения: 13.02.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/118418>
3. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. «Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях» 2 изд. М., 1978г.
4. Левитский С.В. Сборник задач и расчетов по физической электронике. 1964. Киев. 212 с.
5. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по СВЧ электронике для физиков. Т. 1, 2. М.: Физматлит, 2003. 496 с.
6. Сушков Вакуумная электроника: Физико-технические основы. СПб. [и др.]: Лань, 2004. 462 с.

6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека

- онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (*доступ будет продлен*).
3. Доступ к электронной 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. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания (*доступ будет продлен*).
 5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
 6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
 8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
 9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
 10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
 11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
 13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
 14. 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. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
 15. Web of Science - 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 Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. (*доступ будет продлен*)
 16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных –диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>.

Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

6.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

6.5. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается лабораториями физического факультета.
2. При проведении занятий используются оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием: лаборатории физического факультета, а также в научно-исследовательских институтах (институт физики и институт проблем геотермии ДФИЦ РАН); лаборатории, научно-образовательных центрах факультета (НОЦ по «Физике плазмы» и «Нанотехнологии»), а также в проблемных научно-исследовательских лабораториях кафедр физической электроники и физики твердого тела ДГУ (НИЛ - Физики плазмы и плазменных технологий, МНИЛ - Нанотехнологии и наноматериалы); центре коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия»
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием.

8. 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.
- Работа в технологических и исследовательских лабораториях.
- Самостоятельная работа.

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

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Самостоятельная работа организована в соответствие 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 «Основы зонной теории полупроводников» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

Большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе Power Point, а также с использованием интерактивной доски.

Для реализации самостоятельной работы каждый аспирант обеспечен

- методическими рекомендациями;
- информационными ресурсами (учебными пособиями, индивидуальными заданиями, обучающими программами и т.д.);
- временными ресурсами;
- консультациями преподавателей;
- возможностью публичного обсуждения теоретических или практических результатов, полученные обучающимся самостоятельно (на конференциях, олимпиадах, конкурсах).