МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Турилова Е.А.
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Физическая электроника

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): старший научный сотрудник, к.н. (доцент) Гумеров Р.И. (НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер, Кафедра астрономии и космической геодезии), Rustem.Gumerov@kpfu.ru ; старший научный сотрудник, к.н. Лунев И.В. (НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера, Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии), Lounev75@mail.ru ; Гусев Юрий Александрович

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;
ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- какими способами создаются и управляются динамические неоднородности в активных средах; каким образом динамические неоднородности используются для приёма, передачи, хранения, обработки и отображения информации;
- условия возникновения эмиссии с поверхности твердых тел, основные виды эмиссии и их законы;
- особенности движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях, методы и возможности фокусировки и управления потоком заряженных частиц;
- устройство и особенности электронных приборов, предназначенных для отображения и преобразования изображений, а также для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

Должен уметь:

- применять полученные знания для усовершенствования существующих и разработки новых устройств функциональной электроники;
- рассчитывать основные параметры вакуумных электронных приборов;
- оценивать области применения вакуумных приборов различных типов.

Должен владеть:

умением выражать свои знания в словесной форме, доступной для понимания.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применить свои знания и умения в соответствующих областях науки и техники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.32 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 98 часа(ов), в том числе лекции - 70 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 28 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; зачет в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Предмет функциональной электроники. Основные особенности и направления развития. Динамические неоднородности, континуальные среды.	8	2	0	0	0	0	0	
2.	Тема 2. Приборы функциональной электроники, основные направления развития.	8	2	0	0	0	0	0	4
3.	Тема 3. Приборы с зарядовой связью - устройства функциональной электроники. Физика ПЗС.	8	2	0	0	0	0	0	
4.	Тема 4. Неравновесное состояние МОП-структуры, инверсионный слой, поверхностный потенциал.	8	2	0	0	0	0	0	4
5.	Тема 5. Гидравлическая модель МОП-структуры. Устройство и принцип работы ПЗС	8	2	0	0	0	0	0	
6.	Тема 6. Электродные структуры ПЗС. Элементы ввода и вывода зарядов в ПЗС. Методы детектирования заряда. Плавающая диффузная область. Плавающий затвор, РУПЗ.	8	2	0	0	0	0	0	4
7.	Тема 7. Динамика переноса зарядов. ПЗС с объемным каналом.	8	2	0	0	0	0	0	
8.	Тема 8. Фото возбуждение в ПЗС. Фотоэлектрические приборы с зарядовой связью, особенности применения.	8	2	0	0	0	0	0	
9.	Тема 9. Линии задержки и фильтры на ПЗС, элементы взвешивания сигнала.	8	2	0	0	0	0	0	6
10.	Тема 10. Приборы с S и N -образной ВАХ. Динамические неоднородности: электрические домены,токовые шнуры волны пространственного заряда. Приборы полупроводниковой функциональной электроники. БИСПИН-приборы, приборы на ВПЗ, устройства на доменах Ганна.	8	2	0	0	0	0	0	2
11.	Тема 11. Функциональная акустоэлектроника. Физические основы, динамические неоднородности, континуальные среды. ПАВ в пьезоэлектриках. Теоретические основания.	8	2	0	0	0	0	0	
12.	Тема 12. Генераторы ДН и устройства управления ими. Детектирование ДН. Приборы функциональной акустроэлектроники. Линии. задержки.	8	2	0	0	0	0	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
13.	Тема 13. Фильтры на ПАВ.Трансверсальные, на ПАВ-резонаторах, дисперсионные.	8	2	0	0	0	0	0	
14.	Тема 14. Генераторы на ПАВ, усилители. Нелинейные устройства: конвольверы, акустическая память, "экзотические устройства".	8	2	0	0	0	0	0	4
15.	Тема 15. Функциональная магнитоэлектроника. ДН в магнитоэлектронике - ЦМД, МСВ, спиновые волны. Континуальные среды	8	2	0	0	0	0	0	
16.	Тема 16. Генерация, детектирование и управление ДН. Приборы и устройства функциональной магнитоэлектроники. Процессоры сигналов на ЦМД и МСВ.	8	2	0	0	0	0	0	4
17.	Тема 17. Функциональная молекулярная электроника. Физические основы. Динамические неоднородности, континуальные среды.	8	2	0	0	0	0	0	
18.	Тема 18. Молекулярные устройства. Устройства памяти. Автоволновая электроника.	8	2	0	0	0	0	0	4
19.	Тема 19. Общее понятие о вакуумных приборах.	7	4	0	0	0	0	0	2
20.	Тема 20. Виды электронной эмиссии.	7	4	0	0	0	0	0	2
21.	Тема 21. Движение электронов в статических полях.	7	4	0	0	0	0	0	2
22.	Тема 22. Прохождение тока в вакууме.	7	4	0	0	0	0	0	2
23.	Тема 23. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.	7	4	0	0	0	0	0	2
24.	Тема 24. Осциллографическая трубка.	7	4	0	0	0	0	0	2
25.	Тема 25. Физические процессы в газовом разряде. Приборы СВЧ диапазона.	7	4	0	0	0	0	0	2
26.	Тема 26. Отражательный и пролетный клистроны.	7	4	0	0	0	0	0	2
27.	Тема 27. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.	7	4	0	0	0	0	0	2
28.	Тема 28. Работа 1. Исследование некоторых элементов волноводной техники.	7	0	0	0	0	4	0	2
29.	Тема 29. Работа 2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии.	7	0	0	0	0	4	0	4
30.	Тема 30. Работа 3. Измерение диэлектрических констант гетерогенных диэлектриков.	7	0	0	0	0	4	0	4
31.	Тема 31. Работа 4. Исследование магнитоуправляемого ответвителя.	7	0	0	0	0	4	0	4

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
32.	Тема 32. Работа 5. Эффект Фарадея.	7	0	0	0	0	4	0	4
33.	Тема 33. Работа 6. Временная диэлектрическая спектроскопия.	7	0	0	0	0	4	0	4
34.	Тема 34. Работа 7. Кинетика явлений намагничивания.	7	0	0	0	0	4	0	4
	Итого		72	0	0	0	28	0	80

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Предмет функциональной электроники. Основные особенности и направления развития. Динамические неоднородности, континуальные среды.

Функциональная электроника: динамические неоднородности vs статических. Основные направления: полупроводниковая функциональная электроника, акустоэлектроника, магнитоэлектроника и молекулярная электроника.

Тема 2. Приборы функциональной электроники, основные направления развития.

Приборы и устройства: линейные (линии задержки, фильтры, усилители и генераторы) и нелинейные (память, конвольверы, процессоры). Основные направления развития. Взаимодействие различных типов динамических неоднородностей.

Тема 3. Приборы с зарядовой связью - устройства функциональной электроники. Физика ПЗС.

ПЗС: основа массив МОП- конденсаторов, имеющих зарядовую связь благодаря определенной структуре и распределению приложенных потенциалов. Дискретно-аналоговое представление сигнала в ПЗС.

Тема 4. Неравновесное состояние МОП-структуры, инверсионный слой, поверхностный потенциал.

Распределение потенциалов в обедненном слое, уравнение Пуассона. Толщина обедненного слоя. Условия возникновения инверсионного слоя, пороговое напряжение в МОП-структуре. Параметр МОП-структуры, уравнение для поверхностного потенциала.

Тема 5. Гидравлическая модель МОП-структуры. Устройство и принцип работы ПЗС

Описание работы ПЗС с помощью гидравлической модели, где сигнальный заряд представлен в виде зарядовой жидкости. Основания для применения гидравлической модели: зависимость поверхностного потенциала от напряжения на затворе и плотности заряда. Сигнальные пакеты и и управление ими.

Тема 6. Электродные структуры ПЗС. Элементы ввода и вывода зарядов в ПЗС. Методы детектирования заряда. Плавающая диффузная область. Плавающий затвор, РУПЗ.

Ввод заряда электрический (входной диод плюс затвор), особенности. Обратно смещенный диод в качестве ПДО, достоинства и недостатки. ДКВ для снижения фликер-шума и наводок от тактирования.

ПЗ - неразрушающее считывание, распределенный усилитель с плавающим затвором - многократное считывание сигнала.

Тема 7. Динамика переноса зарядов. ПЗС с объемным каналом.

Перенос заряда, основные механизмы. Дрейфовая и диффузионная составляющие потока электронов при переносе заряда. Плотность электронного тока. Недостатки ПЗС с поверхностным каналом. Поверхностные ловушки. ПЗС с объемным (скрытым) каналом: принцип работы, толщина канального слоя. Конструкция, достоинства и недостатки ПЗС с объемным каналом.

Тема 8. Фото возбуждение в ПЗС. Фотоэлектрические приборы с зарядовой связью, особенности применения.

Получение зарядовых изображений в матричных ПЗС: фотовозбуждение, собственное и примесное поглощение, способы засветки. Методы считывания сигнала и конструкция. Типы фоточувствительных ПЗС: с кадровым, строчным, строчно-кадровым переносом, линейные ПЗС. Принцип работы и свойства.

Тема 9. Линии задержки и фильтры на ПЗС, элементы взвешивания сигнала.

Линии задержки последовательного, параллельного и параллельно-последовательного типов, конструкция и характеристики. Элементы взвешивания на электродах и нелинейностях МДП-структур, трансверсальные фильтры на ПЗС: характеристики, источники погрешностей.

Тема 10. Приборы с S и N -образной ВАХ. Динамические неоднородности: электрические домены,токовые шнуры волны пространственного заряда. Приборы полупроводниковой функциональной электроники. БИСПИН-приборы, приборы на ВПЗ, устройства на доменах Ганна.

Отрицательные объемные дифференциальные сопротивление и проводимость, объемная неустойчивость, S и N -образные ВАХ: основы для генерации динамических неоднородностей типа электрических доменов (доменов Ганна), токовых шнуров, волн пространственного заряда (ВПЗ). Континуальные среды для таких неоднородностей.

Приборы полупроводниковой функциональной электроники: БИСПИН-структуры: датчики температуры и освещенности с частотным выходом. приборы на ВПЗ: конвольвер, память. Генератор импульсов на доменах Ганна.

Тема 11. Функциональная акустоэлектроника. Физические основы, динамические неоднородности, континуальные среды. ПАВ в пьезоэлектриках. Теоретические основания.

Динамические неоднородности в акустоэлектронике: волны Релея, Стоунли, Лява, Гуляева-Блюштейна. Тензоры напряжений и деформаций для описания акустической волны в пьезоэлектриках. Обмен энергией между динамическими неоднородностями акустической и электронной природы. Упругооптический эффект.

Тема 12. Генераторы ДН и устройства управления ими. Детектирование ДН. Приборы функциональной акустроэлектроники. Линии. задержки.

Встречно-штыревые преобразователи, как генераторы и детекторы акустической волны. Конструкция, основные соотношения. Управление генерацией ПАВ. Устройство управления ПАВ: многополосковые ответвители. Акустические волноводы. Топология ВШП и его импульсный отклик. Линии задержки: однократные, многоотводные, дисперсионные, регулируемые.

Тема 13. Фильтры на ПАВ.Трансверсальные, на ПАВ-резонаторах, дисперсионные.

Электрическая и акустическая добротность ВШП. Типы фильтров и их свойства. Схемы фильтров: с внешним взвешиванием, с топологическим взвешиванием, резонаторные.

Тема 14. Генераторы на ПАВ, усилители. Нелинейные устройства: конвольверы, акустическая память, "экзотические устройства".

Генераторы на основе ЛЗ и резонаторов. Взаимодействие ПАВ с внешним электрическим полем. Акустоэлектронное усиление сигналов, устройство и свойства. Конвольвер на ПАВ, принцип работы и свойства. Фурье процессор, акустическая память.

Тема 15. Функциональная магнитоэлектроника. ДН в магнитоэлектронике - ЦМД, МСВ, спиновые волны. Континуальные среды

Физические основы функциональной магнитоэлектроники. ДН в магнитоэлектронике: ЦМД, МСВ, спиновые волны. Свойства ЦМД, полосовой домен, вертикальные блоховские линии (ВБЛ). Континуальные среды. Слоистые структуры ферромагнетик-полупроводник.

Тема 16. Генерация, детектирование и управление ДН. Приборы и устройства функциональной магнитоэлектроники. Процессоры сигналов на ЦМД и МСВ.

Генерация доменов с помощью петли тока. Управление ДН: токовые аппликации, магнитные аппликации; домено-передвигающие структуры (ДПС). Приборы и устройства функциональной магнитоэлектроники. Свойства домена как носителя сигнала. ЛЗ на МСВ. Процессоры сигналов на ЦМД и МСВ, серродин.

Тема 17. Функциональная молекулярная электроника. Физические основы. Динамические неоднородности, континуальные среды.

Функциональная молекулярная электроника. Физические основы. Переключатели и проводники в молекулярном приборе. Динамические неоднородности, континуальные среды: ансамбли электронов и солитонов. Генерация и распространение солитона, ленгмюровские пленки.

Тема 18. Молекулярные устройства. Устройства памяти. Автоволновая электроника.

Молекулярные устройства: память на солитонах, структурная схема: генератор солитонов, туннельный переключатель, инвертор. Автоволновая электроника. Определение автоволн и континуальные среды для них. Ассоциативная память на автоволнах.

Тема 19. Общее понятие о вакуумных приборах.

Особенности вакуумных приборов. Общее устройство и классификация вакуумных приборов. Энергетическое строение твердых тел. Работа выхода. Методы уменьшения работы выхода.

Тема 20. Виды электронной эмиссии.

Термоэлектронная эмиссия. Термокатоды, их конструкция и характеристики. Эффект Шоттки. Фотоэлектронная эмиссия и ее законы. Вторичная электронная эмиссия. Автоэлектронная (электростатическая) эмиссия. Закон степени "трех-вторых". Идеальная и реальная анодная характеристика электровакуумного прибора.

Тема 21. Движение электронов в статических полях.

Движение электронов в статическом электрическом поле. Движение электронов в статическом магнитном поле. Законы движения электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Тема 22. Прохождение тока в вакууме.

Наведенный и конвекционный ток. Связь наведенного и конвекционного токов. Классификация, общее устройство и принцип работы электронно-лучевых приборов. Электронный прожектор.

Тема 23. Принципы электростатической фокусировки электронного потока.

Электронные линзы. Электростатические фокусирующие системы. Принципы магнитной фокусировки электронного потока. Магнитные фокусирующие системы. Электростатические отклоняющие системы. Магнитные отклоняющие системы. Чувствительность отклоняющей системы.

Тема 24. Осциллографическая трубка.

Телевизионная трубка - кинескоп. Радиолокационная трубка. Устройство и принцип работы. Электровакуумные фотоэлектронные приборы. Фотоэлектронный умножитель. Электронно-оптический преобразователь.

Тема 25. Физические процессы в газовом разряде. Приборы СВЧ диапазона.

Газоразрядные плазменные панели. Ионизационная камера и счетчики ионизирующего излучения. Принцип действия приборов СВЧ диапазона. Угол пролета электронов. Динамическое управление электронным потоком. Модуляция по скорости и по плотности.

Тема 26. Отражательный и пролетный клистроны.

Принцип действия, устройство и характеристики отражательного клистрона. Принцип действия, устройство и характеристики многорезонаторного пролетного клистрона.

Тема 27. Магнетрон. Лампы бегущей и обратной волны.

Принцип действия, устройство и характеристики магнетрона. Принцип действия, устройство и характеристики ламп бегущей и обратной волны. Катоды Спиндта. Их применение в вакуумной микроэлектронике.

Тема 28. Работа 1. Исследование некоторых элементов волноводной техники.

Работа выполняется на одной из двух измерительных высокочастотных установок сантиметрового или дециметрового диапазона волн. Высокочастотный тракт каждой установки собран на волноводе прямоугольного сечения и состоит, в основном, из возбуждающей волноводной головки с переходом на коаксиальную линию, волноводной измерительной линии, поглощающего ножевого ослабителя и оконечного устройства, в качестве которого применяется согласованная волноводная нагрузка (адсорбер) или короткозамыкающая пластина. К каждой установке прилагается набор индуктивных и емкостных диафрагм.

Тема 29. Работа 2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии.

Экспериментальная часть работы состоит из двух этапов: измерение диэлектрической проницаемости в дециметровом диапазоне частот, измерение высокопотерных диэлектриков методом частичного заполнения сечения волновода на сверхвысоких частотах.

Тема 30. Работа 3. Измерение диэлектрических констант гетерогенных диэлектриков.

Измерение параметров гетерогенных диэлектриков производится с помощью установки, состоящей из генератора, аттенюатора, резонатора, детектора и индикатора. В качестве индикатора используется микроамперметр.

Тема 31. Работа 4. Исследование магнитоуправляемого ответвителя.

В работе рассматривается поведение ферритов в переменных магнитных полях, невзаимные явления в волноводах, содержащих ферриты, принцип действия и конструкция ферритовых вентилей, цилиндрического ферритового стержня в прямоугольном волноводе.

Тема 32. Работа 5. Эффект Фарадея.

Измерение поляризационных характеристик электромагнитной волны - ее эллиптичности и угла поворота применяется в антенных измерениях и может быть проведено рядом способов. В работе используется прямой метод определение поляризационных характеристик - метод линейно поляризованной антенны, и ставится задача определения эллиптичности и углов поворота в зависимости от магнитного поля, а также проверки необратимости эффекта Фарадея. В установке в качестве образца используется ферритовый стержень.

Тема 33. Работа 6. Временная диэлектрическая спектроскопия.

Измерение комплексной диэлектрической проницаемости производится методом временной диэлектрической спектроскопии с помощью измерительной системы "Диполь".

Тема 34. Работа 7. Кинетика явлений намагничивания.

В настоящей работе применена комбинация проходного и отражательного методов детектирования сигнала. Примерами технического осуществления указанных схем могут служить используемая в настоящей работе установка или, так называемая, бимодальная полость. Используется резонатор или короткозамкнутый волновод, включенный в качестве оконечной нагрузки. Измерения коэффициента отражения связываются с параметрами исследуемого образца.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ - https://studfiles.net/preview/4422311/

СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА - https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/3541739

Электровакуумные приборы СВЧ - https://works.doklad.ru/view/oE7MuA72bP0.html

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);

- критерии оценивания сформированности компетенций;

- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);

- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

- критерии оценивания для каждого оценочного средства;

- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Акустооптика - http://labs.vt.tpu.ru/akusto/index.html

Акустоэлектроника - http://labs.vt.tpu.ru/akusto/index.html

ПЗС, принцип работы - http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3076.html

приборы на магнитостатических волнах - www.faza-don.ru/popina/popina.html

Светцов В. И. Вакуумная и плазменная электроника - http://window.edu.ru/resource/528/69528/files/vpe.pdf

Светцов В. И., Холодков, И. В. Физическая электроника и электронные приборы - http://main.isuct.ru/files/publ/PUBL_ALL/tpmet/tpmet_26012009.pdf

Щука А.А. Электроника. Учебное пособие - http://padaread.com/?book=3135&pg=1

Электронные версии книг и статей по СВЧ технике - http://kepstr.eltech.ru/tor/mt/statji.htm

эффект Ганна - http://www.foez.narod.ru/n2.htm

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Записи лекций имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Важно развивать у студентов умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал.

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	На первом, вводном занятии до студентов доводится содержание и календарный план проведения практикума, указывается число баллов, которое может набрать студент при выполнении лабораторного практикума в соответствии с действующей балльно-рейтинговой системой, проводится инструктаж по технике безопасности при выполнении работ с оформлением в соответствующем журнале. На этом же занятии преподаватель выдает задания по лабораторным работам. Прежде чем приступить к работе, каждый студент должен сдать минимум по технике безопасности, ознакомиться с общими правилами работы в лаборатории и с порядком выполнения лабораторных работ. После получения задания студент обязан ознакомиться с литературой к работе, экспериментальной установкой и отдельными приборами, входящими в ее состав. После этого сдать преподавателю устный предварительный отчет. Преподаватель проверяет знания студентом теории и цели работы, методики ее проведения, схемы установки, назначения и устройства отдельных ее элементов, а также умение обращаться с ними. После сдачи устного отчета студент допускается к проведению экспериментальной части работы. Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных. По итогам каждой лабораторной работы преподаватель выставляет оценку, учитывающую предварительную подготовку, объем и качество экспериментальной части работы, глубину обсуждения результатов и качество отчета.
самостоя-тельная работа	Целью самостоятельной работы является формирование профессиональной компетентности бакалавра радиофизика. Самостоятельная работа способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня. Все виды самостоятельной работы могут быть разделены на основные и дополнительные. Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит лекционные и практические занятия в студенческой группе. Дополнительные виды самостоятельной работы выполняются по выбору студента и сопровождаются контролем результатов преподавателем. Дополнительные виды самостоятельной работы рекомендуются тем студентам, которые наиболее заинтересованы в изучении конкретной дисциплины и в последующем планируют поступление в магистратуру, аспирантуру. Следует отметить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	При подготовке к зачету необходимо иметь представление о следующем: 1. Что такое функциональная полупроводниковая электроника? 2. От чего зависит дрейф электронов и дырок? 3. Что такое волны пространственного заряда? 4. В каких средах образуются геликоны? 5. Что понимается под термином плазмон? 6. Дайте определение фонона. 7. Какая структура получила название ?полярон?? 8. В чем физический смысл термина ?биполярон?? 9. При каких условиях образуются экситоны? 10. Какие существуют виды экситонов? 11. Как образуется поляритон? 12. Чем характерен режим залива заряда через барьер? 13. Какие существуют способы генерации оптической информации? 14. Как формируется зарядовый пакет? 15. Что такое БИСПИН? 16. Как осуществляется перенос зарядов? 17. Какие существуют каналы переноса? 18. Для чего нужны встречно-штыревые преобразователи? 19. Какие существуют приборы с зарядовой связью? 20. Какова тенденция развития фильтров на ПЗС? 21. Какие существуют виды ВПЗС? 22. Для чего предназначены цифровые ПЗС? 23. Какие недостатки имеют ЗУ на ПЗС? 25. Какие функции выполняет конвольвер? 26. Как применяются БИСПИНы в устройствах контроля? 27. Каковы свойства волн пространственного заряда? 28. В чем состоит специфичность эффекта Ганна? 29. Что представляет собой функциональная магнитоэлектроника? 30. Что представляют собой цилиндрические магнитные домены? 31. Какие существуют типы доменной границы? 32. Какие волны называют спиновыми? 33. Что такое магнон? 34. Что такое флуксон? 35. Какова наиболее оптимальная среда для создания ЦМД-приборов? 36. Что такое страйп-домен? 37. Какими свойствами обладает цилиндрический магнитный домен как носитель информационного сигнала? 38. Что такое серродин? 39. Что такое функциональная молекулярная электроника? 40. Что такое солитон? 41. Назовите особенности обработки информационных массивов молекулярными системами? 42. Какие процессы изучаются в автоволновой электронике? 43. Что представляют собой автоволны?

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Квантовая и СВЧ электроника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.32 Физическая электроника

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Щука, А. А. Электроника / А.А. Щука. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 751 с. - Режим доступа: http://znanium.com/bookread.php?book=350420

2. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/363421

3. Физика полупроводников и полупроводниковые приборы: Учебное пособие / Панюшкин Н.Н. - Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. - 131 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/858616

4. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники/А.Б. Беркин, А.И. ВасилевскийА.И. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 84 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/546221

5. Егоров Н.В. Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы: Учебник-монография / Н.В. Егоров, Е.П. Шешин. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 704 с. - Режим доступа http://znanium.com/catalog/product/367176

Дополнительная литература:

1. Игнатов, А.Н. Наноэлектроника. Состояние и перспективы развития : учеб. пособие / А.Н. Игнатов. - 2-е изд., стер. - Москва: ФЛИНТА, 2017. - 360 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/1032533

2. Общий курс физики: Учебное пособие для вузов: В 5 томах. Том 3: Электричество / Сивухин Д.В. - 6-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 656 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/549781

3. Электронная техника: учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД 'ФОРУМ' : ИНФРА-М, 2019. - 352 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/1013821

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.32 Физическая электроника

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.