

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Электроника

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А. Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения

ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

ПК-3 Способен формулировать математические модели процессов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию

ПК-5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.1 Имеет представление об историческом и современном состоянии области профессиональной деятельности

ИОПК-2.2 Выделяет научную сущность и проблемные места в решаемых задачах профессиональной деятельности

ИОПК-2.3 Владеет приемами и методами решения проблемных задач профессиональной деятельности

ИОПК-3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах

ИОПК-3.2 Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронных систем и комплексов

ИОПК-3.3 Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании

ИПК-3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексов

ИПК-3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем

ИПК-5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований

ИПК-5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов

ИПК-5.3 Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат математического моделирования и практические навыки эксплуатации приборов вакуумной электроники.

– Научиться применять понятийный аппарат электроники для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули). Общепрофессиональный цикл. Обязательная часть.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Восьмой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Дифференциальные уравнения, Физика, Дополнительные главы общей физики, Основы оптики, Радиоэлектроника, Электродинамика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.
- лабораторные: 30 ч.
- семинары 30 ч

в том числе практическая подготовка: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Теоретический курс.

Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор развития вакуумной электроники. Предмет и содержание курса.

Тема 2. Эмиссионная электроника.

Термоэлектронная эмиссия из металлов и полупроводников. Расчет термоэмиссионного тока. Эффект Шоттки. Термокатоды (металлические, активированные, оксидные). Автоэлектронная эмиссия. Расчет автоэлектронного тока. Автоэлектронные катоды (катоды Спиндта). Взрывная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Формула Фаулера. Фотокатоды. Вторичная электронная эмиссия. Вторично-электронные эмиттеры. Другие виды эмиссии.

Тема 3. Электронная оптика

Движение заряженной частицы в статических полях. Электронно-волновая аналогия. Аксиально-симметричные электрические и магнитные поля. Уравнение параксиальной траектории. Электростатические и магнитные линзы.

Тема 4. Физика электронных ламп.

Движение заряженных частиц в вакууме и газах. Влияние объемного заряда на движение заряженных частиц. Электронные лампы. Распределение тока между электродами в многоэлектродных лампах (режим возврата, режим прямого перехвата). Динатронный эффект. Конструкции электронных ламп. Ионные приборы. Фотоэлектронные приборы.

Тема 5. Электроника СВЧ.

Влияние инерции электронов на работу электронных ламп. Теорема о наведенном токе. Обмен энергией электронного потока с высокочастотным полем. Группировка электронов. Кратковременное и длительное взаимодействие. СВЧ приборы с кратковременным взаимодействием. Пролетный клистрон. Отражательный клистрон. СВЧ приборы с длительным взаимодействием. Взаимодействия типа «О» и «М». Группировка электронов в поле бегущей волны. Лампа бегущей волны («О» типа). Лампа обратной волны («О» типа). Многорезонаторный магнетрон. Магнетронные усилители.

Электронные лазеры и мазеры. Электронные устройства терагерцового диапазона волн. Новые физические механизмы и устройства, используемые в СВЧ–электронике.

Лабораторный практикум

Тема 1. Определение области спектральной чувствительности фотокатода .

Тема 2. Электростатическая линза

Тема 3. Исследование режима генерации отражательного клистрона.

Тема 4. Исследование режима генерации лампы обратной волны.

Тема 5. Определение полосы синхронизма взаимодействия электронного потока с полем бегущей волны (компьютерное моделирование).

Тема 6. Исследование режима генерации многорезонаторного магнетрона

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и в виде контрольных вопросов на собеседованиях при выполнении лабораторных работ.

Критерии оценивания результатов обучения	
Правильный ответ на 50% и более вопросов	Правильный ответ на менее чем 50% вопросов
зачтено	не зачтено

Аттестуются также и лабораторные работы. Оценка формируется на основании выполнения каждой работы.

Формирование оценки по каждой лабораторной работе.

Критерии оценивания результатов обучения	
работа выполнена	работа не выполнена
зачтено	не зачтено

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов. Продолжительность экзамена 3,5 часа.

К экзамену допускаются только студенты, аттестованные в рамках текущего контроля.

Каждый вопрос билета посвящен проверке знаний одной из тем курса. Знание остальных тем проверяется дополнительными вопросами

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Идеальная форма модулирующего напряжения
2. Пространственно-временные диаграммы группировки электронов в пространстве дрейфа, в тормозящем постоянном электрическом поле, в электрическом поле бегущей волны
3. Конвекционный и наведенный токи в отражательном клистроне
4. Отбор энергии от электронного потока с помощью нерезонансных колебательных систем
5. Аналитическое представление конвекционного и наведенного токов в пространстве дрейфа
6. Свойства пространственных гармоник
7. Условие синхронизма в магнетроне
8. Построение электронно-оптического изображения
9. Определение параметров электростатической линзы
10. Наведенный ток в плоском зазоре (однородный электронный поток)
11. Модель свободных электронов. Расчет числа электронов в потенциальной яме
12. Влияние магнитной компоненты электромагнитного поля на движение электронов

13. Уравнение траектории электронов в аксиально-симметричном поле
14. Коэффициент полезного действия магнетрона
15. Сортировка электронов в многорезонаторном магнетроне
16. Наведенный ток в плоском зазоре (электронный сгусток)
17. Движение в плоском диоде при наличии магнитного поля
18. ЛБВ. Коэффициент полезного действия
19. Влияние пространственного заряда на время пролета электрона
20. Колебательная система магнетрона (резонансные частоты)
21. Наведенный ток (определение). Закон полного тока
22. Мощность и коэффициент полезного действия отражательного клистрона
23. Линейная теория ЛБВ (модуляция электронного потока)
24. Группировка электронов в магнетроне
25. Токораспределение в тетроде. Динаatronный эффект
26. Коэффициент полезного действия пролетного клистрона
27. Наведенный ток в плоском зазоре (модулированный электронный поток)
28. Основные свойства замедляющих систем
29. Линейная теория ЛБВ (самосогласованное поле в условиях приближенного синхронизма электронов и волны.)
30. Триод. Тетрод. Пентод (причины эволюции)
31. Распределение потенциала в аксиально-симметричном поле
32. Условия передачи энергии от электронного потока электромагнитному полю
33. Общий случай движения электрона в статических электрическом и магнитном полях
34. Группировка электронов в поле бегущей волны (пространственно-временные диаграммы).
35. Ограничение тока пространственным зарядом (закон $3/2$)
36. Группировка электронов в пролетном клистроне (уравнение прибытия)
37. Термоэмиссия с поверхности чистых металлов
38. Наведенный ток. Теорема Рамо (формулировка в общем виде)
39. Эффект Шоттки
40. Отбор энергии в резонансных системах
41. Фотоэлектронная эмиссия (качественная теория фотоэффекта).
42. Группировка электронов в тормозящем поле (отражательный клистрон)
43. Расчет фототока (теория Фаулера)
44. Методы управления электронными потоками на сверхвысоких частотах
45. Вторичная электронная эмиссия.
46. Коэффициент усиления ЛБВ.
47. Автоэлектронная эмиссия
48. Триод. Статические и динамические характеристики.
49. Колебательная система магнетрона (пространственные гармоники)
50. Линейная теория ЛБВ (возбуждение электромагнитного поля в замедляющей системе модулированным электронным пучком)

Дополнительные вопросы к экзамену

1. Почему модель металла позволяющая, рассмотреть эмиссию электронов называется моделью свободных электронов и почему она же называется моделью потенциального ящика с плоским дном?
2. Запишите выражение для функции Ферми.
3. Что такое плотность квантовых состояний?
4. Назовите виды эмиссии с предварительным возбуждением.
5. Назовите виды эмиссии без предварительного возбуждения.
6. Что такое термоэлектронная эмиссия?
7. Что такое вторично-электронная эмиссия?

8. Что такое автоэлектронная эмиссия?
9. Что такое взрывная эмиссия?
10. Что такое фотоэлектронная эмиссия?
11. Чем отличается прямонакальный катод от катода с косвенным накалом?
12. Что такое катоды Спиндта?
13. Какие виды эмиссии электронов имеют место быть в фотоэлектронных умножителях?
14. Дайте определение эффекту Шоттки.
15. Как движется электрон в однородном магнитном поле?
16. Какие условия определяют параметры движения электрона в однородном магнитном поле?
17. Какие поля называются скрещенными полями?
18. Как движется электрон в скрещенных полях?
19. От чего зависят параметры движения электрона в скрещенных полях?
20. Какие поля называются аксиально-симметричными?
21. Почему в электронной оптике рассматриваются аксиально-симметричные поля?
22. Что такое параксиальное приближение?
23. Почему в электронной оптике рассматривается параксиальное приближение?
24. Запишите основное уравнение электронной оптики.
25. Какая характеристика аксиально-симметричного электрического поля определяет траекторию заряженной частицы?
26. Сколько параметров описывают электростатическую линзу?
27. Какие параметры характеризуют электростатическую линзу?
28. Изобразите распределение потенциала в плоском диоде: а) в отсутствии объемного заряда; б) при наличии объемного заряда.
29. Как влияет объемный заряд в диоде на протекание тока?
30. Запишите выражение закона $3/2$ для диода.
31. Как влияет объемный заряд на движение электрона в электрическом поле?
32. Запишите выражение действующего напряжения для триода.
33. Запишите выражение для действующего напряжения тетрода.
34. Запишите выражение для действующего напряжения пентода.
35. Перечислите статические характеристики электровакуумного триода.
36. Запишите выражение для внутреннего уравнения триода.
37. Что такое токораспределение в многосеточных лампах?
38. Почему статические характеристики вакуумного триода отличаются от его динамических характеристик?
39. Отличаются ли статические характеристики тетрода от его динамических характеристик? Почему?
40. Отличаются ли статические характеристики пентода от его динамических характеристик? Почему?
41. Что такое динаatronный эффект?
42. Назовите условия проявления динаatronного эффекта.
43. Назовите способы подавления динаatronного эффекта.
44. Запишите выражение для угла пролета.
45. Что показывает угол пролета?
46. Запишите выражение для закона сохранения энергии в электромагнитном поле.
47. Влияет ли магнитная компонента электромагнитного поля на работу электронных приборов СВЧ?
48. Что такое наведенный ток?
49. Запишите выражение для наведенного тока одиночного заряда.
50. Сформулируйте теорему Рамо.
51. Запишите общее уравнение для наведенного тока.

52. Чем определяется форма наведенного тока одиночного заряда?
53. Перечислите условия передачи энергии от движущегося заряда электромагнитному полю.
54. Какие методы управления электронным потоком вы знаете?
55. Каким образом можно создать активное сопротивление на СВЧ?
56. Изобразите пространственно-временные диаграммы группировки электронов в пространстве дрейфа.
57. Запишите уравнение прибытия для пролетного клистрона.
58. Почему в клистронах требуется узкий зазор резонатора?
59. Каким параметром задается форма конвекционного тока в пространстве дрейфа пролетного клистрона.
60. Изобразите форму конвекционного тока в пространстве дрейфа пролетного клистрона при: $X = 0$; $0 < X < 1$; $X = 1$; $X > 1$.
61. Запишите выражение для конвекционного тока в пространстве дрейфа пролетного клистрона.
62. Запишите выражение для наведенного тока в нагрузке пролетного клистрона.
63. Запишите выражение для электронного к.п.д. пролетного клистрона.
64. Запишите выражение для максимального значения электронного к.п.д. пролетного клистрона.
65. Изобразите пространственно-временные диаграммы группировки электронов в тормозящем поле.
66. В чем отличие группировки электронов в пролетном клистроне от группировки электронов в отражательном клистроне?
67. Может ли отражательный клистрон работать на второй гармонике?
68. Запишите уравнение прибытия для отражательного клистрона.
69. Изобразите форму конвекционного тока отражательного клистрона в пространстве группировки.
70. Запишите выражение для электронного к.п.д. отражательного клистрона.
71. Запишите выражение для максимального к.п.д. отражательного клистрона.
72. Изобразите идеальную форму модулирующего напряжения.
73. Дайте определение фазовой скорости.
74. Дайте определение групповой скорости.
75. Как связана групповая скорость с фазовой постоянной?
76. Как связаны фазовая скорость и фазовая постоянная?
77. Запишите соотношение Релея.
78. Что замедляет замедляющая система?
79. Сформулируйте теорему Флоке.
80. Запишите выражение для фазовой постоянной пространственной гармоники.
81. Запишите выражение для фазовой скорости пространственной гармоники.
82. Что такое дисперсионная характеристика замедляющей системы.
83. Перечислите известные вам типы замедляющих систем.
84. Что такое сопротивление связи?
85. Изобразите пространственно-временные диаграммы группировки электронов в поле бегущей волны при $v_0 = v_\phi$.
86. Изобразите пространственно-временные диаграммы группировки электронов в поле бегущей волны при $v_0 > v_\phi$.
87. Изобразите пространственно-временные диаграммы группировки электронов в поле бегущей волны при $v_0 < v_\phi$.
88. Сколько решений имеет дисперсионное уравнение в линейной теории ЛБВ?
89. Запишите выражение для параметра усиления.

90. Запишите выражение для фазовой скорости возрастающей волны в лампе бегущей волны.
 91. Запишите выражение для малосигнального коэффициента усиления в ламе бегущей волны.
 92. Запишите выражение для к.п.д. лампы бегущей волны.
 93. Отличаются ли замедляющие системы лампы бегущей волны и лампы обратной волны?
 94. Чем отличаются замедляющие системы лампы бегущей волны и лампы обратной волны?
 95. Что показывает парабола критического режима многорезонаторного магнетрона?
 96. Что такое вид колебаний резонансной системы многорезонаторного магнетрона?
 97. Чему равно число видов колебаний резонансной системы многорезонаторного магнетрона?
 98. Почему резонансная система многорезонаторного магнетрона содержит четное число резонаторов?
 99. Что такое вырожденный вид колебаний?
 100. Что такое связки и для чего они применяются?
 101. С какой целью в многорезонаторном магнетроне применяют разнорезонаторные колебательные системы?
 102. Запишите выражение для угловой фазовой скорости пространственных гармоник в колебательной системе магнетрона.
 103. Какова роль радиальной компоненты переменного электрического поля в электронных процессах магнетрона?
 104. Какова роль тангенциальной компоненты переменного электрического поля в электронных процессах магнетрона?
 105. Что такое потенциал синхронизации?
 106. Какой вид колебаний имеет минимальный потенциал синхронизации?
 107. Какие основные параметры определяют к.п.д многорезонаторного магнетрона?
 108. Какой вид колебаний имеет в магнетроне максимальный к.п.д.?
- Оценка выставляется при соответствии ответов индикаторам компетентности.

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-2 Способен выявлять естественную научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующую	ИОПК-2.1 Имеет представление об историческом и современном состоянии области профессиональной деятельности ИОПК-2.2 Выделяет научную сущность и проблемные места в решаемых задачах профессиональной деятельности	Не знает принципы работы основных электронно-вакуумных. Не может применять электронные приборы в различных областях деятельности и в задачах профессиональной деятельности в том	Знает принципы работы основных электронно-вакуумных приборов и на основе этих знаний. Может применять электронные приборы в различных областях деятельности и в задачах профессиональной деятельности в том числе.

ций физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ИОПК-2.3 Владеет приемами и методами решения проблемных задач профессиональной деятельности	числе. Не представляет перспективы использования тех или иных физических явлений для создания электронных приборов. Не способен оценить последствия нарушения условий эксплуатации электронных приборов и не способен принять решение об эквивалентной замене	Представляет перспективы использования тех или иных физических явлений для создания электронных приборов. Способен оценить последствия нарушения условий эксплуатации электронных приборов и зная их параметры способен принять решение об эквивалентной замене
ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и	ИОПК-3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах ИОПК-3.2 Анализирует, моделирует, прогнозирует поведение радиоэлектронных систем и комплексов ИОПК-3.3 Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании	Не способен определить свои в радиоэлектронных системах и комплексах связанных с работой электронных приборов и, как следствие, Не способен принять решение подстройке параметров электронных приборов или их замене. Не способен, из анализа поведения радиоэлектронного комплекса, корректировать его поведение при изменении внешних условий и условий эксплуатации. Не способен прогнозировать изменение параметров радиоэлектронных систем и комплексов при изменении условий эксплуатации	Способен определить свои в радиоэлектронных системах и комплексах связанных с работой электронных приборов и, как следствие, способен принять решение подстройке параметров электронных приборов или их замене. Способен, из анализа поведения радиоэлектронного комплекса, корректировать его поведение при изменении внешних условий и условий эксплуатации. Способен прогнозировать изменение параметров радиоэлектронных систем и комплексов при изменении условий эксплуатации электронных приборов.

информационно-коммуникационных технологий		при изменении условий эксплуатации электронных приборов.	
ПК-3 Способен формулировать математические модели процессов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию	ИПК-3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексах ИПК-3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем	Не способен предсказать поведение комплекса в различных условиях, а также возможную деградацию параметров электронных приборов. Не способен оценить основные параметры известных приборов с целью уточнения возможностей работы электронных приборов или усложнения их модели.	Способен, опираясь на знание фундаментальные знания природы физических явлений в радиоэлектронных комплексах и системах, предсказать поведение комплекса в различных условиях, а также возможную деградацию параметров электронных приборов. Способен, на основе базовых моделей известных приборов, оценить их основные параметры и, с целью уточнения возможностей работы электронных приборов, усложнять модели
ПК-5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований	ИПК-5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований ИПК-5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов	Не способен, рационально использовать время материальных ресурсов, при составлении программы и схемы измерительного комплекса для определения искомых параметров электронных приборов. Не способен провести требуемый эксперимент (измерения) минимизируя затраты времени и средств, не способен применять методы статистической обработки	Способен, с целью рационального использования времени и материальных ресурсов, составить программу и схему измерительного комплекса для определения искомых параметров электронных приборов. Способен провести требуемый эксперимент (измерения) минимизируя затраты времени и средств применяя методы статистической обработки результатов эксперимента.

	ИПК-5.3 Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений	результатов эксперимента. Не способен адаптировать стандартные методики измерения параметров электронных приборов к конкретной задаче. Не способен оценить погрешность измеренных параметров изделий электронной техники.	Способен адаптировать стандартные методики измерения параметров электронных приборов к конкретной задаче. Способен оценить погрешность измеренных параметров изделий электронной техники.
--	--	--	---

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Которые формируются в соответствии с таблицей

Формирование оценки.

Условия	отлично	хорошо		удовл.	не удовл.
Корректный ответ на 2 вопроса билета	+	+			
Не полный ответ на 1 вопрос билета			+	+	
Отсутствует ответ на вопросы билета					+
Корректные ответы на доп. вопросы	+		+		
Не корректные вопросы на доп. вопросы					

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

– Конструкция и технологии изготовления термоэмиттеров.
– Конструкции и технологии изготовления фотоэмиттеров и эмиттеров вторичных электронов.

– Конструкции и технологии изготовления автоэлектронных эмиттеров.

– Использование электрических и магнитных линз

– Электрические цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами

– Волноводы

– Элементы измерительных трактов СВЧ

– Резонаторы и замедляющие системы на СВЧ

– Колебательная система многорезонаторного магнетрона

– Повышение коэффициентов полезного действия активных приборов СВЧ

– Приборы для измерения мощности на СВЧ

– Приборы для измерения частоты на СВЧ

– Вторичные источники электропитания

в) Методические указания по проведению лабораторных работ:

– Практикум по радиофизической электронике/ под ред. Э.С. Воробейчикова. Томск:Изд-во Томского университета, 1984. 194. [Электронный ресурс] / URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000028637>.

- Расчет полосы синхронизма ЛБВ. Методические указания. Томск: Томский государственный университет, 1995 6 с.
- Коротаев А.Г., Кулаев С.П. Физическая электроника. Лабораторный практикум. Электростатическая линза. Томск, Томский государственный университет, 2010. 28 с.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Источники вторичного электропитания. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2003. 30 с.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Приборы для измерения мощности на СВЧ. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2010. 40 с.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Приборы для измерения частоты на СВЧ. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2001. 35 с.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Сушков А.Д. Вакуумная электроника: Физико-технические основы. СПб и др: Лань, 2016. 462 с. Электронный ресурс: ЭБС Лань
- Агеев И.М. Физические основы электроники наноэлектроники. М.: Лань, 2020. 324 с. Электронный ресурс: ЭБС Лань.
- Григорьев, А.Д. Микроволновая электроника. [Электронный ресурс] : Учебники / А.Д. Григорьев, В.А. Иванов, С.И. Молоковский. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 496 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/74674>
- Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т2. М.: Высшая школа, 1972. 376 с. [Электронный ресурс] / URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000072028/000072028.pdf>
- Коротаев А.Г., Кулаев С.П. Физическая электроника. Лабораторный практикум. Электростатическая линза. Томск, Томский государственный университет, 2010. 28 с.
- Практикум по радиофизической электронике/ под ред. Э.С. Воробейчикова. Томск:Изд-во Томского университета, 1984. 194. [Электронный ресурс] / URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000028637>.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Источники вторичного электропитания. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2003. 30 с.
- Расчет полосы синхронизма ЛБВ. Методические указания. Томск: Томский государственный университет, 1995 6 с.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Приборы для измерения мощности на СВЧ. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2010. 40 с.
- Физическая электроника. Измерения в лабораторном практикуме. Приборы для измерения частоты на СВЧ. Методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2001. 35 с.
- Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т 1. М.: Высшая школа, 1970. 440 с.

б) дополнительная литература:

- Фридрихов С.А., Мовин С.М. Физические основы электронной техники. М.: Высшая школа, 1982. 608 с.
- Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. Эмиссионная электроника. М.: Наука, 1966. 564 с.
- Электронные приборы/ под ред. Г.Г. Шишкина. М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1989. 496 с.
- Жеребцов И.П. Основы электроники. Л.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1990. 352 с.
- Электронные приборы СВЧ / Березин В.М., Буряк В.С., Гутцайт Э.М., Марин В.П. М.: Высшая школа, 1985. 296 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- открытые онлайн-курсы–

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, укомплектованные радиоизмерительными приборами и оборудованием необходимым и достаточным для выполнения лабораторных работ в полном объеме.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Кулаев Сергей Павлович кандидат физико-математических наук доцент доцент кафедры квантовой электроники и фотоники.