

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Кафедра радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

« 01 » сентября 2014 г.

ПРАКТИКУМ СВЧ

Рабочая программа дисциплины

Физический факультет

Направление подготовки

03.03.02-Физика (уровень бакалавриата)

Курс 4, семестр 7

Профиль:

Общая и фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, экзамен)
		Лекции	Семинары	Лабораторные занятия в т.ч.: зачет			
1	2	3	4	5	6	7	8
7	36			30	6		
Всего 36 часов / 1 зачетная единица из них: - контактная работа 30 часов - в интерактивных формах 28 часов							

Новосибирск 2014

Рабочая программа дисциплины «Практикум СВЧ», предназначенная для студентов четвертого курса физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «бакалавр») от 08.12.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013, переработана в 2014 г. в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика (уровень бакалавриата) от 07.08.2014.

Место дисциплины в структуре учебного плана Б1, вариативная

Составили:

канд. тех. наук, доц. И. А. Запрягаев
старший преподаватель К.Н. Чернов

Рабочая программа

Содержание

Аннотация	4
1. Цели освоения дисциплины (курса)	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	5
4. Структура и содержание дисциплины «Практикум по электродинамике СВЧ».....	6
5. Образовательные технологии	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.	7
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания.....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины :	9

Программа дисциплины «Практикум СВЧ»

Аннотация

Программа курса «Практикум СВЧ» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО к уровню бакалавриата по направлению подготовки «03.03.02 Физика» (академический бакалавриат), а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ.

Дисциплина изучается студентами четвертого курса физического факультета в осеннем семестре.

В состав комплекса включены: программа лабораторного практикума, банк обучающих материалов и рекомендации по организации самостоятельной работы, банк контролирующих материалов.

Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой радиофизики. Дисциплина преподается студентами четвертого курса кафедры физики ускорителей физического факультета.

Основной целью освоения дисциплины является: ознакомление с методами и спецификой проведения радиоизмерений на сверхвысоких частотах, практическое знакомство с основными СВЧ элементами, которые широко используются в СВЧ-технике, получение практических навыков работы с различными СВЧ приборами.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций (ПК): ПК-2 (проводить научные исследования в избранной области экспериментальных физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта), ПК-4 (применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин); ПК-5 (способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: самостоятельная подготовка к выполнению очередной лабораторной работы, выполнение лабораторной работы, консультации преподавателя, защита (сдача) сделанной лабораторной работы, зачет с оценкой.

Программой предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: сдача выполненных лабораторных работ

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

Общая трудоемкость составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов (из них предусмотрены 28 часов лабораторных работ, 2 часа на зачет, 6 часов самостоятельной работы).

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем составляет 30 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 30 часов.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Практикум СВЧ» предназначена: для практического знакомства студентов-физиков с основными СВЧ элементами широко используемые в СВЧ технике, с методами и спецификой проведения радиоизмерений на сверхвысоких частотах; для закрепления теоретических знаний, полученных в ходе изучения курсов «Электродинамика сверхвысоких частот» и «Излучение и распространение радиоволн». Основной целью освоения дисциплины является: ознакомление с методами и спецификой проведения радиоизмерений на сверхвысоких частотах, практическое знакомство с основными СВЧ элементами, которые широко используются в СВЧ-технике, получение практических навыков работы с различными СВЧ приборами.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса

1. Исследование направленного ответвителя.
2. Измерение мощности генерируемой магнетроном.
3. Исследование ферритового циркулятора.
4. Измерение полных сопротивлений с помощью измерительной линии
5. Измерение отражений от четырехполюсников.
6. Измерение параметров волноводных диафрагм.
7. Измерение добротности резонатора.
8. Измерение полей в объемном резонаторе методом малого возмущающего тела.
9. Исследование свойств рупорных и линзовых антенн.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Практикум СВЧ» является частью профессионального цикла обучения (Вариативная часть. Дисциплины по выбору) программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02-Физика.

Дисциплина «Практикум СВЧ» опирается на следующие дисциплины данной образовательной программы:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Высшая алгебра;
- Функциональный анализ
- Электричество и магнетизм;
- Электродинамика

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций (ПК): ПК-2 (проводить научные исследования в избранной области экспериментальных физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта), ПК-4 (применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин); ПК-5 (способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать** основные приемы и методы проведения радиоизмерений на сверхвысоких частотах
- **Уметь** на практике применять теоретические знания: правильно поставить задачу, выбрать соответствующую схему измерений, подобрать необходимое СВЧ оборудование и провести требуемые радиоизмерение
- **Иметь** представление о принципе действия и физических процессах происходящих в СВЧ элементах и приборах, которые широко используются в СВЧ технике

4. Структура и содержание дисциплины «Практикум по электродинамике СВЧ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 часов.

Данный курс является базовой дисциплиной для студентов ускорительной специализации. Бурно растущее внедрение аппаратуры СВЧ в военную и космическую технику, физику, астрономию, связь, различные производства и т.д. привело к росту объема работ, связанного с измерениями при различного рода исследованиях, разработке и проектировании высокочастотных узлов, приборов и элементов техники СВЧ. Одновременно это стимулировало совершенствование измерительной техники и измерительной аппаратуры. Рассмотрению техники, работающей в СВЧ диапазоне, посвящено значительное число монографий, статей и учебных пособий. Несмотря на обилие литературы по отдельным вопросам явно недостаточно работ, в том числе и учебных пособий, охватывающих в одном издании основы всех разделов техники СВЧ. Особо следует выделить проблему техники проведения радиоизмерений на сверхвысоких частотах, так как по этой теме учебных пособий практически нет. В данном учебном курсе предпринята попытка более или менее равномерно охватить в относительно небольшом числе работ все основные разделы техники СВЧ, акцентируя внимание на выполнении радиоизмерений. Курсы, аналогичные этому, существуют в МИФИ, НГУС и других вузах в нашей стране и за рубежом.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы	Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лабораторные работы		
1	2	3	4	5	6	7
1	Вводная лекция. Инструктаж по технике безопасности.	1	1	1		
2	Исследование ферритового циркулятора	2	3	3		
3	Исследование направленного ответвителя	3	3	3		
4	Измерение мощности в диапазоне СВЧ	4	3	3		
5	Измерение полных сопротивлений с помощью измерительной линии	5	3	3		
6	Измерение отражений от четырехполюсников	6	3	3		
7	Измерение параметров волноводных диафрагм	7	3	3		
8	Измерение добротности резонатора	8	3	3		
9	Измерение полей в объемном резонаторе методом малого возмущающего тела	9	3	3		
10	Рупорные и линзовые антенны	10	3	3		
	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачету	11-17	6		6	
12	Зачет с оценкой	18	2	2		
	Итого		36	30	6	

5. Образовательные технологии

Экскурсии на ВЧ системы ускорительных комплексов Института ядерной физики СО РАН, ознакомление с их структурой и особенностями, встречи со специалистами, разрабатывающими и эксплуатирующими эти системы.

Занятия лабораторного практикума проводятся в специальной учебной лаборатории на базе ИЯФ СО РАН, в которой имеется всё необходимое оборудование.

Все лабораторные занятия проводятся в интерактивной форме. Перед началом работы студент самостоятельно изучает методическое пособие, пытается ответить на контрольные вопросы. Далее, преподаватель производит допуск, задавая ряд вопросов по будущей работе. Студент с помощью преподавателя формулирует план выполнения заданий, сформулированных в работе, и приступает к его выполнению.

Все лабораторные работы студент выполняет индивидуально, в любой момент он может обратиться к преподавателю за помощью, либо сам преподаватель может предложить помощь студенту при необходимости.

После выполнения задания, студент демонстрирует полученные результаты преподавателю, даёт объяснение изученным характеристикам и наблюдаемым явлениям. Сдача заданий в устной форме преподавателю направлена на формирование коммуникативных навыков, умения объяснять, логически излагать решение, быстро отвечать на вопросы преподавателя.

В процессе сдачи работ производится контроль формирования компетенций (ПК-2, ПК-4 и ПК-5). Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции сформированы.

Окончательная оценка по дисциплине определяется с учетом количества выполненных обучающимся лабораторных работ и ответов на дополнительные вопросы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Для самостоятельной работы студентов на сайте физического факультета представлены описания лабораторных работ с кратким изложением теории изучаемого явления, задания, рекомендации к выполнению поставленных задач, контрольные вопросы для самоподготовки. Таким образом самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры радиофизики:

1. Е. В. Козырев, И. А. Запрягаев, К. Н. Чернов “Лабораторные работы по электродинамике СВЧ”. Специальный практикум для радиофизиков. Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2008. URL: http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/lab_prakt.doc
2. Учебные материалы по СВЧ практикуму. URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures.shtml>

Текущий контроль самостоятельной работы студентов включает: ознакомление с работой по методическим материалам, допуск к выполнению лабораторной.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в зачетную сессию в устной форме.

7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-2 в части формирования способности проводить научные исследования в избранной области экспериментальных физических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий, ПК-4 (способность применять на практике профессиональные зна-

ния и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин); ПК-5 (способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований) сформированы.

Примеры контрольных вопросов и заданий по лабораторным работам:

Исследование ферритового циркулятора

1. Объяснить работу щелевого моста.
2. Описать работу ферритового циркулятора.
3. Какими параметрами характеризуется циркулятор?

Исследование направленного ответвителя

1. Какими параметрами характеризуется направленный ответвитель?
2. Объяснить работу направленного двухдырочного ответвителя со связью на узкой стенке.
3. Описать методику проведения измерений параметров направленного ответвителя.

Измерение мощности в диапазоне СВЧ

1. Расскажите о классификации ваттметров:
 - а) по способу включения в передающий тракт,
 - б) по характеру измеряемой мощности,
 - в) по уровню средних измеряемых мощностей,
2. Объясните работу калориметрического измерителя мощности.
3. Объясните работу термоэлектрического измерителя мощности.

Измерение полных сопротивлений с помощью измерительной линии

1. Изобразить структуру полей в прямоугольном волноводе при колебаниях H_{10} , E_{11} , H_{11} .
2. Написать формулы, по которым определяются критические длины волн в волноводе для E и H -волн.
3. Написать формулы, определяющие длину волны, фазовую скорость, групповую скорость в прямоугольном волноводе.

Измерение отражений от четырехполюсников

1. Какой основной тип волн, распространяющихся в коаксиальной линии?
2. В чем заключается суть методов Татаринова и Вайсфлоха для измерения КСВН четырехполюсников?
3. Какими параметрами характеризуются четырехполюсники?

Измерение параметров волноводных диафрагм

1. Индуктивная диафрагма, её принцип действия и эквивалентная схема. Реальная диафрагма обладает конечной толщиной, поэтому ее проводимость должна отличаться от рассчитанной по формуле (5) величины. Указать в какую сторону будет отличие и почему?
2. Ёмкостная диафрагма, её принцип действия и эквивалентная схема. Реальная диафрагма обладает конечной толщиной, поэтому ее проводимость должна отличаться от рассчитанной по формуле (4) величины. Указать в какую сторону будет отличие и почему?
3. Резонансная диафрагма, ее принцип действия и эквивалентная схема.

Измерение добротности резонатора

1. Дать определение собственной и нагруженной добротности резонатора.
2. Какие простейшие типы колебаний имеют место в цилиндрическом резонаторе? Структура их полей.
3. Записать выражение для собственных частот колебаний в цилиндрическом резонаторе для E и H видов колебаний.

Измерение полей в объемном резонаторе методом малого возмущающего тела

1. Описать и объяснить методику измерения распределения полей в резонаторе, используемую в данной работе.
2. Каким образом можно измерить все компоненты напряженности электрического и магнитного полей в резонаторе?
3. Какие простейшие типы колебаний имеют место в цилиндрическом резонаторе; их структура?

Рупорные и линзовые антенны

1. Назовите основные параметры, характеризующие работу антенн.
2. Что такое поляризационная диаграмма антенны и её связь с эллипсом поляризации?
3. Объяснить работу ускоряющей линзы.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. *Козырев Е. В., Запрягаев И. А., Чернов К. Н.* “Лабораторные работы по электродинамике СВЧ”. Специальный практикум для радиофизиков. Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2008. URL: http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/lab_prakt.doc
2. Учебные материалы по СВЧ практикуму. URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures.shtml>

б) дополнительная литература:

1. *Милованов О.С., Собенин Н.П.* Техника сверхвысоких частот, 1980.
2. *Лебедев И.В.* Техника и приборы СВЧ. Т. I, М. Высшая школа, 1970.
3. *Мирский Г.Я.* Радиоэлектронные измерения, М.: Энергия, любой год изд.
4. *Тишер Ф.* Техника измерений на СВЧ. М. 1973.
5. *Гинзтон Э.Л.* Измерения на сантиметровых волнах, Физматиздат, 1963.
6. *Билько М.И., Томашевский А.К., Шаров И.Р., Баймуратов Е.А.* Измерение мощности на СВЧ. Радио и связь, 1986.
7. *Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г.* Электрорадиоизмерения, 1986.
8. *Калинин В.И., Герштейн Г.М.* Введение в радиофизику. М.: Гостехиздат. 1957. 656 с.
9. *Вайнштейн Л.А.* Электромагнитные волны, М. 1970.
10. *Никольский В.В.* Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1978.
11. *Янке Е., Эмде Ф., Лёш Ф.* Специальные функции. Наука, 1977.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Лабораторные работы по Электродинамике СВЧ:

http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/lab_prakt.doc

http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/Lab_03_2010.doc

http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/RF_labs/Lab_09_2011.doc

Карлинер М.М. Электродинамика СВЧ: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2005/nsu118.pdf>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины :

Для успешного выполнения лабораторных работ, практикум оснащен следующим оборудованием:

- Генератор сигналов высокочастотный Г4-111 (2 шт.)
- Генератор сигналов высокочастотный Г4-83
- Генератор сигналов высокочастотный Г4-79
- Генератор сигналов высокочастотный Г4-141 (2 шт.)
- Генератор КГ-54-А
- Генератор AV1485
- Волноводный аттенюатор Д5-5 (2 шт.)
- Волноводная измерительная линия Р1-20
- Волноводная измерительная линия Р1-31
- Коаксиальная измерительная линия Р1-34
- Микровольтметр GVT-417В (4 шт.)
- Вольтметр В7-27А
- Радиолокационный измерительный прибор ГК4-19А

- Микроамперметр постоянного тока М-95 (2 шт.)
- Измеритель КСВН панорамный Р2-56
- Ваттметр поглощаемой мощности М3-51
- Цифровой осциллограф Tektronix TDS 2012В
- Цифровой осциллограф Tektronix TDS 1012
- Измеритель мощности фирмы Boonton: Индикаторный блок 4231А, измерительный преобразователь 51072
- Цифровой тестер V97
- Ноутбук Dell

Обеспечена аудитория в Институте ядерной физики СО РАН (главный корпус к. №505). В аудитории имеются:

- десять рабочих мест, оснащенных соответствующим оборудованием;
- наглядные пособия в виде плакатов и рисунков;
- техническая документация и описания приборов;
- дополнительная литература по СВЧ технике.

Программа дисциплины одобрена на заседании кафедры радиофизики физического факультета НГУ 27 августа 2014 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики ускорителей физического факультета НГУ 29 августа 2014 года.