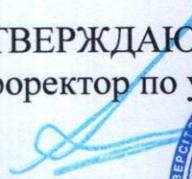


БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А. Л. Голстик

03.01.20



Регистрационный № УД- / уч.

**ВОЛНОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ И ЧАСТИЦАМИ**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1-31 04 02 «Радиофизика».

Специализация

1-31 04 02 08 «Микро- и наносистемы»

2016 г.

**ВОЛНОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ И  
ЧАСТИЦАМИ**

Учебная программа учреждения высшего образования по  
учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 02 «Радиофизика».

Специализация

1-31 04 02 08 «Микро- и наносистемы»

2016 г.

Учебная программа разработана на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и учебных планов G 31-164/уч. и G 31и-189/уч.

### **СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Кольчевский Николай Николаевич** – доцент кафедры физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ**

Кафедрой физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета  
(протокол № 4 от 22 ноября 2016 г.)

Методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий  
(протокол № 3 от 22 ноября 2016 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Волноводные системы для управления электромагнитными излучениями и частицами» (ВСДУЭИиЧ) разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта для специальности 1-31 04 02 «Радиофизика» специализации 1-31 04 02 08 «Микро- и наносистемы».

**Целью изучения дисциплины** является формирование систематизированных теоретических знаний о принципах работы волноводных структур и систем для управления электромагнитными излучениями и частицами, необходимых для формирования специалиста в области электроники.

**Основная задача дисциплины** – состоит в изучении принципов построения и функционирования волноводных структур в оптическом, рентгеновском диапазоне длин волн и систем для управления потоками нейтронов, ионов, электронов, теоретически и экспериментально изучить принципы транспортировки, сжатия и фокусировки электромагнитных излучений и потоков частиц.

**Дисциплина взаимосвязана** с дисциплинами «Общая физика», «Теория волновых процессов» и «Прикладная электродинамика».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- теоретические и экспериментальные представления о взаимодействии электромагнитных излучений и потоков частиц с веществом;
- теоретические и экспериментальные представления о волноводных структурах и особенностях их применения;
- теоретические и экспериментальные представления о технологиях производства волноводных структур;

**уметь:**

- определять физические параметры волноводных структур;
- проводить теоретическое моделирование и экспериментальные исследования взаимодействия электромагнитных излучений и потоков частиц с веществом;

**владеть:**

- базовым аппаратом теории современных волноводных систем;
- навыками для проведения научных исследований в области разработки и усовершенствования волноводных элементов и систем под конкретные цели в области электроники;
- методами расчета теоретических параметров волноводных систем для транспортировки, сжатия и фокусировки электромагнитных излучений и потоков частиц.

Освоение учебной программы ВСДУЭИиЧ должно обеспечить формирование следующих **компетенций**:

ПК-3. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий.

ПК-4. Разрабатывать численные алгоритмы и программы.

ПК-5. Составлять отчеты и презентации по исследовательской работе.

ПК-6. Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы.

ПК-14. В составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать радиоэлектронные устройства и системы.

ПК-15. Рассчитывать и анализировать режимы работы радиоэлектронных систем и намечать пути их улучшения.

ПК-16. Прогнозировать направления развития радиоэлектронных систем.

ПК-17. Создавать автоматизированные системы проектирования на основе разработок новых и применения известных программных средств.

ПК-18. Разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств и систем и проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств

ПК-20. Обеспечивать обучение персонала правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний;

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины на 4-м курсе в 8-ом семестре отведено всего 124 часа, в том числе 62 аудиторных часов, из них лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 24 часов, УСП – 4 часов.

Программа предназначена для студентов очной дневной формы получения образования. Аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена в 8-ом семестре.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **1. Введение**

Предмет и задачи курса. Исторический экскурс и современное состояние методов управления электромагнитным излучением и потоками частиц. Волноводные и периодические структуры. Назначение волноводных структур и систем. Применение волноводных структур и систем в технологических процессах микроэлектроники.

### **2. Особенности взаимодействия электромагнитных излучений с веществом**

Шкала электромагнитных волн. Волновое уравнение. Уравнения Максвелла. Моды волновода. Процессы рассеяния (упругого и неупругого), поглощения и генерации электромагнитного излучения. Особенности взаимодействий лазерного и радиочастотного излучений с веществом. Особенности взаимодействий рентгеновского и синхротронного излучений с веществом.

### **3. Волноводные структуры и системы для электромагнитных излучений**

Оптические волноводные структуры. Эффект полного внутреннего отражения. Ступенчатые и градиентные волноводы. Оптические потери и дисперсия. Рентгеновские волноводы. Рентгеновские бесщелевые коллиматоры. Эффект полного внешнего отражения. Микрокапиллярные структуры. Коллиматоры на основе микрокапилляров. Линза Кумахова. Сканирующая микроскопия и спектроскопия.

### **4. Особенности взаимодействия потоков частиц с веществом**

Основные типы частиц, используемые в технологических процессах. Волна де Бройля. Взаимодействия электронов с веществом. Взаимодействия ионов с веществом. Взаимодействия нейтронов с веществом.

### **5. Волноводные структуры и системы для потоков частиц**

Теория каналирования быстрых частиц в монокристаллах. Каналирование электронов и позитронов. Синхротронное излучение. Виглеры. Ондуляторы. Лазер на свободных электронах. Применение микрокапилляров для управления ионными пучками. Каналирование нейтральных частиц в микро- и наноканалах. Особенности применения капилляров для фокусировки нейтронов. Сканирующая микроскопия и спектроскопия.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7
1.	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4	-			
1.1.	Предмет и задачи курса. Исторический экскурс и современное состояние методов управления электромагнитным излучением и потоками частиц. Волноводные и периодические структуры.	2				Выборочный опрос на лекции.
1.2	Назначение волноводных структур и систем. Применение волноводных структур и систем в технологических процессах микроэлектроники.	2				Выборочный опрос на лекции.
2.	<b>ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ С ВЕЩЕСТВОМ</b>	8	4		2	
2.1.	Шкала электромагнитных волн. Волновое уравнение. Уравнения Максвелла.	2				Выборочный опрос на лекции.
2.2.	Моды волновода. Процессы рассеяния (упругого и неупругого), поглощения и генерации электромагнитного излучения. Особенности взаимодействий лазерного и радиочастотного излучений с веществом.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
2.3.	Особенности взаимодействий лазерного и радиочастотного излучений с веществом.	2				Выборочный опрос на лекции.
2.4	Особенности взаимодействий рентгеновского и синхротронного излучений с веществом.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита

1	2	3	4	5	6	7
2.5	Контроль самостоятельной работы студентов по темам 2.1-2.4	–	–		2	Реферат, презентация.
3.	<b>ВОЛНОВОДНЫЕ СТРУКТУРЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			
3.1.	Оптические волноводные структуры. Эффект полного внутреннего отражения.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
3.2.	Ступенчатые и градиентные волноводы. Оптические потери и дисперсия.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
3.3.	Рентгеновские волноводы. Рентгеновские бесщелевые коллиматоры. Эффект полного внешнего отражения. Микрокапиллярные структуры.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
3.4.	Коллиматоры на основе микрокапилляров. Линза Кумахова. Сканирующая микроскопия и спектроскопия.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
4.	<b>ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
4.1.	Основные типы частиц, использующиеся в технологических процессах. Волна де Бройля.	2				Выборочный опрос на лекции.
4.2.	Взаимодействия электронов с веществом. Взаимодействия ионов с веществом.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
4.3.	Взаимодействия нейтронов с веществом.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
5.	<b>ВОЛНОВОДНЫЕ СТРУКТУРЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОТОКОВ ЧАСТИЦ</b>	<b>8</b>	<b>8</b>		<b>2</b>	
5.1.	Теория каналирования быстрых частиц в монокристаллах. Каналирование электронов и позитронов.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита

1	2	3	4	5	6	7
5.2.	Синхротронное излучение. Виглеры. Ондюляторы. Лазер на свободных электронах.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита
5.3.	Применение микрокапилляров для управления ионными пучками. Каналирование нейтральных частиц в микро- и нанокapиллярах. Особенности применения капилляров для фокусировки нейтронов..	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. Итоговый тест.
5.4.	Сканирующая микроскопия и спектроскопия.	2	2			Выборочный опрос на лекции, отчет по ЛР и ее защита. Итоговый тест.
5.5.	Контроль самостоятельной работы студентов по темам 3-5	–	–		2	Реферат, презентация.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Маркузе Д. Оптические волноводы / Маркузе Д. – М, 1974.
2. Бейли Д. Волоконная оптика: теория и практика / Бейли Д., Райт Э. М, 2008.
3. Мазуренко С.Н. Синхротронное излучение в технологических процессах микроэлектроники / С.Н.Мазуренко, В.В.Мануйлов, В.М.Матвеев. М, 1994.

### Дополнительная литература

4. 11. Овчинников В.В. Технологии многослойных структур для микроэлектроники / Овчинников В.В., Тимошин А.С., Крапухин В.В. М, 1992.
5. D.Attwood Soft X-rays and extreme ultraviolet radiation/ D.Attwood. Cambridge, 1999.
6. Дабагов С.Б. Каналирование нейтральных частиц в микро- и нанокapиллярах. / Дабагов С.Б. М, 2003.

### **Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы**

1. Исследование актуального патента, описывающего новейшие достижения в области новых источников излучения, волноводных элементов и систем.
2. Определение параметров и свойств реальных волноводных структур.
3. Проектирование волноводных систем для транспортировки, сжатия и фокусировки электромагнитных излучений и потоков частиц.

### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

- устная (опросы на лекциях, коллоквиум, устный экзамен);
- устно-письменная (письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой);
- письменная (реферат);
- техническая (презентация в электронном виде).

Оценивание результатов изучения дисциплины проводится в соответствии с критериями оценки знаний и компетенций студентов, изложенными в письме Министерства образования Республики Беларусь № 21-04-1/105 от 22.12.2003 г. и в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете» (приказ ректора БГУ № 382-ОД от 18.08.2015 г.).

### **Перечень лабораторных работ**

1. Определение коэффициента поглощения и коэффициента преломления вещества для УФ и электронного пучка.
2. Определение комплексного показателя преломления вещества в рентгеновском диапазоне.
3. Исследование эффекта полного внешнего и полного внутреннего отражения.
4. Исследование плоских и бесщелевых рентгеновских волноводов.
5. Исследование микрокапиллярных волноводов.
6. Исследование микрокапиллярных линз.
7. Расчет параметров синхротронного источника.
8. Расчет формы микрокапиллярных волноводов.
9. Габаритный расчет преломляющей нейтронной линзы.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Общая физика	Кафедра физики и аэрокосмических технологий	Без изменений	Изменений не требуется
Теория волновых процессов	Кафедра радиофизики и цифровых медийтехнологий	Без изменений	Изменений не требуется
Прикладная электродинамика	Кафедра радиофизики и цифровых медийтехнологий	Без изменений	Изменений не требуется

