

Контрольный экземпляр

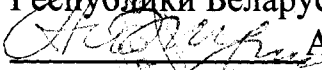
РРЧ КТ-884

Министерство образования Республики Беларусь

**Учебно-методическое объединение
по естественнонаучному образованию**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

 А. И. Жук

07.03.2012

Регистрационный № ТД- Г. 399/тип.

КВАНТОВАЯ РАДИОФИЗИКА

**Типовая учебная программа
для учреждений высшего образования по специальности:
1-31 04 02 Радиофизика**

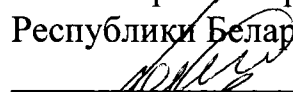
СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методического
объединения по естественнонаучному
образованию


 А. Л. Толстик

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

 Ю. И. Миксюк

20.02.2012

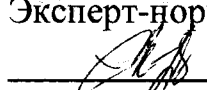
СОГЛАСОВАНО

Проректор по учебной и
воспитательной работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

 В. И. Шупляк

25.01.2012

Эксперт-нормоконтролер

 С. М. Артемьева

25.01.2012



Минск 2012

СОСТАВИТЕЛИ:

А. А. Афоненко, профессор кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент

Е. Д. Карих, доцент кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра лазерной техники и технологии Белорусского национального технического университета

А. Л. Гурский, заведующий кафедрой метрологии и стандартизации Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 12 апреля 2011 года)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 31 мая 2011 г.)

Секцией по радиофизике и физической электронике научно-методического Совета по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию
(протокол № 2 от 31 мая 2011 г.)

Ответственный за редакцию: Е. Д. Карих

Ответственный за выпуск: Е. Д. Карих

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Квантовая радиофизика» разработана для студентов специальности 1-31 04 02 «Радиофизика» в соответствии с требованиями образовательного стандарта по специальности 1-31 04 02 «Радиофизика».

Целью изучения дисциплины является формирование систематизированных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для специалистов в области квантовой радиофизики и ее приложений.

Основная задача дисциплины – освоение теоретических основ взаимодействия излучения с веществом, ознакомление с основными принципами генерации и усиления электромагнитных колебаний в широком частотном диапазоне, умение применять полученные знания для решения физических и технических задач в области квантовой радиофизики и ее приложений.

Основными методами и технологиями обучения, отвечающими целям и задачам изучения дисциплины «Квантовая радиофизика», являются:

- проблемное обучение (проблемное изложение, реализуемое на лекционных занятиях, частично-поисковый и исследовательский методы, реализуемые на лабораторных занятиях);
- преподавание с использованием мультимедийной техники и прикладных компьютерных программ.

Для контроля качества обучения используются следующие средства диагностики: опрос во время занятий, аудиторные тесты по отдельным разделам дисциплины, оценка решения типовых задач, устный экзамен.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление и обобщение пройденного учебного материала, реализуется в виде изучения методической и научной литературы в библиотеке, выполнения конкретных нетиповых заданий, содержащих элементы научного поиска, доступа к сетевым источникам информации и работы в компьютерном классе во внеаудиторное время.

Для успешного усвоения дисциплины «Квантовая радиофизика» необходимы знания по дисциплинам: «Электричество», «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов» в объеме часов, предусмотренных типовыми учебными планами.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- теоретические основы взаимодействия излучения с веществом;
- основные физические процессы, связанные с генерацией и усилением электромагнитных колебаний в широком частотном диапазоне;
- устройство и принципы работы квантовых генераторов и усилителей;

уметь:

- разрабатывать физические и математические модели квантовомеханических процессов и устройств генерации и усиления электромагнитного излучения;
- проводить теоретические и экспериментальные исследования физических процессов, связанных с генерацией и усилением электромагнитных колебаний в широком частотном диапазоне.

Программа рассчитана на объем 174 часа, из которых 86 являются аудиторными. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: лекций – 50 часов, лабораторных работ – 36 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование темы	Лекции	Лаб. занятия	Всего
1.	Введение	2		2
2.	Физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом	6		6
3	Квантовые генераторы и усилители микроволнового диапазона	4		4
4	Энергетическая теория генерации	6		6
5	Лазеры	12	24	36
6	Оптические резонаторы	6		6
7	Лэмбовская модель многомодового лазера	2		2
8.	Динамика лазерной генерации	6	6	12
9.	Флуктуационные явления в лазерах	2		2
10.	Нелинейные оптические явления	4	6	10
	Итого	50	36	86

Содержание учебного материала:

1. *Введение.* Определение предмета. Краткая историческая справка. Предельные характеристики и применение квантовых генераторов и усилителей.

2. *Физические основы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.* Плотность состояний электромагнитного поля. Квантование энергии электромагнитного поля. Формула Планка. Коэффициенты Эйнштейна и вероятности переходов. Равновесное и неравновесное распределение частиц по

энергиям, отрицательная температура. Классическое и квантовомеханическое описание взаимодействия излучения и вещества. Гамильтониан электрона в электромагнитном поле. Вычисление вероятности перехода методом возмущения. Вероятность перехода в дискретном и непрерывном спектре. Вероятности переходов в квантованном электромагнитном поле. Механизмы уширения линии излучения. Спектрально-зависимые коэффициенты Эйнштейна. Закон Бугера. Коэффициент поглощения и коэффициент экстинкции.

3. *Квантовые генераторы и усилители микроволнового диапазона.* Мазеры на молекулярных и атомных пучках. Устройство мазера на пучке молекул аммиака. Структура и энергетический спектр молекулы аммиака. Принцип сортировки частиц по энергетическим состояниям. Стартовый поток и выходная мощность. Стабильность мазера. Затягивание частоты. Ширина линии генерации. Твердотельные мазеры. Шумы мазеров.

4. *Энергетическая теория генерации.* Безызлучательная релаксация. Матрица плотности. Расчет населенностей уровней вероятностным методом. Закон Бугера и его нарушение. Модели активных сред (2-х, 3-х и 4-х уровневые системы). Структурная схема лазера. Фазовое условие генерации. Пороговое условие генерации. Мощность генерации. Оптимальные параметры лазера. Предельное значение мощности. Классификация лазеров.

5. *Лазеры.* Газовые лазеры (атомные и ионные). Конструктивные особенности газовых лазеров. Электрический разряд в газах. Классификация электронных конфигураций. Атомарные лазеры: гелий-неоновый лазер. Ионные лазеры: лазер на аргоне. Лазеры на парах металлов: гелий-кадмиевый лазер, лазер на парах меди

Газовые лазеры (молекулярные). Лазер на углекислом газе (CO_2 лазер). Лазер на азоте. Эксимерные лазеры. Лазеры с использованием фотодиссоциации молекул. Химические лазеры

Классификация электронных конфигураций. Оптическая накачка. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на ионах редкоземельных элементов: неодимовый лазер на алюмо-иттриевом гранате, неодимовый лазер на гадолиний-скандий-галлиевом гранате. Перестраиваемые лазеры: лазер на alexandrite, титан-сапфировый лазер.

Полупроводниковые лазеры. Энергетические состояния в полупроводниках, статистические свойства. Плотность состояний в зонах. Условие инверсии. Методы получения инверсных состояний. Конструкции инжекционных лазеров и светодиодов на гомо- и гетеропереходах. Использование твердых растворов для модификации зонных диаграмм и управления длиной волны генерации. Квантоворазмерные эффекты. Управление плотностью состояний в структурах типа "квантовая яма" и "квантовая проволока". Лазеры на квантовых точках. Лазеры с вертикальным резонатором. Квантовокаскадные лазеры.

Волоконные лазеры и усилители. Жидкостные лазеры. Лазеры на свободных электронах. Рентгеновские и гамма-лазеры.

6. *Оптические резонаторы.* Добротность резонатора. Потери на зеркалах. Дифракционные потери. Число Френеля. Потери при разъюстировке. Спектр частот открытого резонатора. Устойчивость резонатора. Расчет полей на зеркалах резонатора.

Метод Фокса и Ли. Методы селекции мод. Селекция мод в связанных резонаторах. Резонаторы с дисперсионными элементами. Резонаторы на основе Брэгговских отражателей в волоконных лазерах.

7. *Лэмбовская модель многомодового лазера.* Электромагнитное поле в активном резонаторе. Уравнения самосогласованности. Макроскопическая поляризация среды. Доплеровское уширение линии генерации в газовых лазерах. Провал Лэмба.

8. *Динамика лазерной генерации.* Классификация режимов генерации. Скоростные уравнения одномодового лазера. Переходный процесс в лазере. Пичковый режим многомодового лазера. Режим стационарной генерации. Генерация гигантских импульсов. Генерация моноимпульса. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод в лазерах. Генерация коротких импульсов в режиме синхронизации мод. Методы активной синхронизации. Пассивная синхронизация мод. Самосинхронизация мод.

9. *Флуктуационные явления в лазерах.* Уравнение электромагнитного осциллятора в присутствии шумового возмущения. Квантовые шумы. Амплитудные и фазовые флуктуации. Шумы интенсивности. Ширина лазерной моды. Влияние амплитудно-фазовой связи на ширину линии генерации в полупроводниковых лазерах.

10. *Нелинейные оптические явления.* Поляризация среды в мощных оптических полях. Основные нелинейно-оптические явления. Самофокусировка лазерного излучения. Генерация второй и высших гармоник. Генерация суммарных и разностных частот. Параметрическая генерация.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Манак И. С. Квантовая радиофизика / И. С. Манак, Е. Д. Карих. Мн.: БГУ, 2009. 383 с.
2. Манак И. С. Квантовая радиофизика: практикум / И. С. Манак, Е. Д. Карих, В. В. Жуковский. Мн.: БГУ, 2007. 175 с.
3. Карих Е. Д. Полупроводниковые лазеры / Е. Д. Карих, И. С. Манак. Мн.: БГУ, 1999. 199 с.
4. Грибковский В. П. Полупроводниковые лазеры / В. П. Грибковский. Мн.: Университетское, 1988. 304 с.
5. Звелто, О. Принципы лазеров / О. Звелто. М.: Мир, 1990. 520 с.
6. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике / Н. В. Карлов. М.: Наука, 1988. 336 с.
7. Бородин, П. М. Квантовая радиофизика: Учебное пособие / П. М. Бородин. СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 688 с.
8. Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника / А. Н. Пихтин. М.: Высшая школа, 2001. 573 с.

Дополнительная литература

1. Мэйтлэнд, А. Введение в физику лазеров / А. Мэйтлэнд, М. Данн. М.: Наука, 1978. 408 с.
2. Ярив, А. Квантовая электроника / А. Ярив. М.: Советское радио, 1980. 488 с.

3. Качмарек, Ф. Введение в физику лазеров / Ф. Качмарек. М.: Мир, 1980. 540 с.
4. Елисеев В. П. Введение в физику полупроводниковых лазеров / П. Г. Елисеев. Мн.: Наука, 1983. 295 с.
5. Афоненко, А. А. Теория полупроводниковых лазеров / А. А. Афоненко, В. К. Кононенко, И. С. Манак. Минск: БГУ, 1995. 108 с.
6. Дмитриев, В. Г. Прикладная нелинейная оптика / В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. М.: Физико-математическая литература, 2004.

Примерный перечень лабораторных работ:

1. Рубиновый лазер.
2. Изучение лазеров на органических красителях.
3. Определение времени жизни неравновесных носителей заряда в инжекционном лазере.
4. Синхронизация мод газового лазера.
5. Исследование межмодовых биений в газовом лазере.
6. Генерация второй гармоники в импульсно-периодическом лазере на алюмо-иттриевом гранате.