

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе



\_\_\_\_\_ А.Л. Толстик

(подпись)

2015г

\_\_\_\_\_ (дата утверждения)

Регистрационный № УД- 740 /уч.

**НАНОФОТОНИКА**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям)  
направления специальности 1-31 04 01-06  
Физика (физика наноматериалов и нанотехнологий)**

Минск 2015 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 -07-2013; учебных планов №G31-143/уч. и №G31ин.-179/уч.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**Е.А. Мельникова** — доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

**Д.В. Горбач** – старший преподаватель кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 29 апреля 2015 г.);

Советом физического факультета (протокол № 10 от 18 июня 2015 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа по учебной дисциплине «Нанофотоника» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-06 физика наноматериалов и нанотехнологий.

*Целью учебной дисциплины* является сформировать у студентов практические навыки создания оптических элементов с наноразмерным структурированием; преобразования характеристик светового пучка посредством микро- и наноструктурированных оптических элементов.

*Основная задача учебной дисциплины* углубить и развить представления студентов о взаимодействии света с микро- и наноструктурированными оптическими элементами, дать практическое представление о возможных применениях таких элементов.

Нанофотоника – область фотоники, связанная с разработкой архитектур и технологий производства наноструктурированных устройств генерации, усиления, модуляции, передачи и детектирования электромагнитного излучения и приборов на основе таких устройств, а также с изучением физических явлений, определяющих функционирование наноструктурированных устройств и протекающих при взаимодействии фотонов с наноразмерными объектами. К этому направлению относятся физические основы генерации и поглощения излучения в различных диапазонах, полупроводниковые источники и детекторы электромагнитного излучения, наноструктурированные оптические волокна и устройства на их основе, светодиоды, твердотельные и органические лазеры, элементы фотоники и коротковолновой нелинейной оптики.

В ходе выполнения лабораторного практикума студенты ознакамливаются с принципами формирования наноструктур в фоточувствительных полимерных материалах и изучают оптические свойства получаемых структур. Осуществляют ввод излучения в планарные волноводные структуры и проводят сравнительный анализ поляризационных характеристик мод для изотропного и анизотропного волноводов. Изучают дифракционные и волноводные микроструктурированные жидкокристаллические элементы и анализируют создаваемые ими возможности управления характеристиками светового пучка.

*Материал курса основан* на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Нелинейная оптика», «Волоконная оптика».

Общее количество часов, отводимое на лабораторию специализации — 50, из них количество аудиторных часов — 30 (лабораторные работы).

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Занятия проводятся на 5-м курсе в 9-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — зачет (совместно с дисциплинами «Когерентная оптика и голография» и «Волоконная оптика»).

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Формирование наноструктур в фоточувствительном полимерном материале. Угловая и спектральная селективность.** Голографическая запись серии объемных фазовых отражательных голограмм различных периодов. Термическое усиление и световое фиксирование записанных голограмм. Измерение дифракционной эффективности, контуров угловой и спектральной селективности. Вычисление периодов наноструктур. Расчет кинетики амплитуды модуляции показателя преломления ( $\Delta n$ ) в наноструктуре и вычисление коэффициента диффузии фоточувствительных молекул. Расчет длины волны максимумов и оценка ширины контуров угловой и спектральной селективности.

**2. Изучение свойств планарных волноводных структур.** Ввод лазерного излучения в волноводную полоску с использованием призмного элемента связи. Определение углов синхронизма для призмного ввода и расчет волноводного показателя преломления. Вывод излучения из волновода с использованием второго призмного элемента связи. Анализ поляризационных характеристик мод плоского волновода. Расчет дисперсионных кривых ТЕ- и ТМ-мод и эффективной толщины волновода. Расчет распределения полей мод волновода.

**3. Изучение свойств планарных волноводов с анизотропным показателем преломления и брэгговскими решетками.** Анализ состояния поляризации вышедшего из волновода лазерного пучка при одновременном возбуждении ТЕ- и ТМ-мод. Сравнительный анализ поляризационных характеристик мод для изотропного и анизотропного волновода. Расчет величины фотонаведенного двулучепреломления. Возбуждение мод волновода с брэгговской рельефной решеткой и измерение углов синхронизма для гармонических составляющих моды. Расчет периода рельефной решетки.

**4. Изучение дифракционных микроструктурированных жидкокристаллических элементов.** Расчет зависимости эффективного показателя преломления ЖК от внешнего электрического напряжения. Реконструкция модуляции показателя преломления ЖК дифракционного элемента при различных управляющих напряжениях. Экспериментальное исследование зависимости эффективного показателя преломления ЖК от внешнего электрического напряжения. Теоретический анализ возможности реализации дифракции и состояния поляризации дифрагированного света. Экспериментальное исследование поляризационных особенностей дифракции линейно поляризованного излучения на ЖК дифракционной структуре в зависимости от управляющего напряжения;

**5. Изучение волноводных микроструктурированных жидкокристаллических элементов.** Анализ условий реализации эффекта полного внутреннего отражения от электрически контролируемой границы раздела двух областей ЖК с различными топологиями ориентации директора. Расчет эффективного показателя преломления ЖК в смежных доменных областях с целью анализа условия возбуждения волноводного режима. Ввод лазерного излучения в волновод. Экспериментальное исследование поляризационных особенностей волноводного распространения линейно поляризованного излучения в ЖК волноводном элементе.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Формирование наноструктур в фоточувствительном полимерном материале. Угловая и спектральная селективность				6			Устный опрос
2	Изучение свойств планарных волноводных структур				6			Устный опрос
3	Изучение свойств планарных волноводов с анизотропным показателем преломления и брэгговскими решетками				6			Устный опрос
4	Изучение дифракционных микроструктурированных жидкокристаллических элементов				6			Устный опрос
5	Изучение волноводных микроструктурированных жидкокристаллических элементов				6			Устный опрос
					<b>30</b>			<b>Зачет</b>

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы**

1. Могильный В.В. Полимерные фоторегистрирующие материалы и их применение: курс лекций / В.В. Могильный – Минск: БГУ, 2003.
2. Андреева О.В. Прикладная голография: учебное пособие / О.В. Андреева – Санкт-Петербург: ИТМО, 2008.
3. Никоноров Н.В. Волноводная фотоника: учебное пособие / Н.В. Никоноров, С.С. Шандаров – Санкт-Петербург: ИТМО, 2008.
4. Тамир Т. Интегральная оптика / Т. Тамир – Москва: Мир, 1978.
5. Унгер Х.-Г. Планарные и волоконные оптические волноводы / Х.-Г. Унгер – Москва: Мир, 1980.
6. Ю. К. Ребрин. Управление оптическим лучом в пространстве. М.: Советское радио.
7. Блинов Л.М. Электрооптика и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит.

### **Перечень дополнительной литературы**

1. Колфилд Г. Оптическая голография / Г. Колфилд – М.: Мир, 1982.
2. Kogelnik H. Coupled wave theory for thick hologram gratings // Technical Journal. 1969. Vol. 48, № 9. P. 2909 – 2947.

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

1. Устный опрос

### **Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине**

#### **Перечень тем для устного опроса**

1. Схема записи голограмм Денисюка.
2. Условие брэгговской дифракции.
3. Спектральная селективность.
4. Эффект оптического туннелирования.
5. Волноводное распространение света.
6. Волноводные моды.
7. Анализ состояния поляризации света.
8. Фотонаведенное двулучепреломление.
9. Влияние электрического поля на ориентацию директора ЖК.
10. Влияние опорных поверхностей на ориентацию директора ЖК.
11. Полное внутренне отражение.
12. Условия эффективного ввода лазерного излучения в волновод.

## Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по лаборатории специализации рекомендуется использовать устные опросы. Устные опросы проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на устный опрос по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за устные опросы, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка каждого из устных ответов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается по формуле:

$$\text{оценка} = 0,8 \cdot \frac{\sum_i^n \text{устн}_i}{n} + \text{ПБ} - \text{ШБ},$$

где *оценка* – это оценка текущей успеваемости, *устн<sub>i</sub>* – оценка по десятибалльной шкале за устный ответ, *n* – количество устных ответов, *ПБ* – поощрительные баллы, начисляемые за выполнение дополнительных (необязательных) заданий, активность на занятиях (максимум 2 балла за семестр), *ШБ* – штрафные баллы, которые начисляются за пропуски занятий, систематическое опоздание, нарушение учебной дисциплины.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета (совместно с дисциплинами «Когерентная оптика и голография» и «Волоконная оптика»), к зачету допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не менее 4 баллов.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название 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)
Нелинейная оптика	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте
Волоконная оптика	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	(протокол № 11 от 29 апреля 2015 г)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой  
лазерной физики и спектроскопии  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ Е.С. Воропай

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.М. Анищик