

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям



О.И. Чуприс

(подпись)

16.07.2018

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-6176 /уч.

**ОПТИКА ПОЛИМЕРОВ И ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ.**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для второй ступени высшего образования  
по специальности  
1-31 81 02 Фотоника**

2018 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 81 02-2012; учебного плана №G31-038/уч. от 30.05.2012 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

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

**И.В. Сташкевич** — доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук;

**В.В. Могильный** — профессор кафедры физической оптики и прикладной информатики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 18 от 22 июня 2018 г.);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 13 июля 2018 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины «Оптика полимеров и жидких кристаллов» разработана для специальности второй ступени высшего образования 1-31 81 02 – Фотоника. Дисциплина относится к циклу специальных дисциплин.

**Цель** учебной дисциплины - дать систематические представления об общих оптических свойствах полимеров и жидких кристаллов их применениях и, в особенности, о свойствах и применении полимеров, обладающих способностью изменять под действием света свои физико-химические свойства, т.е. обладающих фоточувствительностью. Основная **задача** учебной дисциплины сформировать навыки анализа условий и оптимального выбора полимерных и жидкокристаллических материалов для решения конкретных исследовательских и инженерных задач.

Постоянно расширяющееся применение в современной науке и технике находят полимерные и жидкокристаллические материалы. Полимеры в настоящее время используются в линзовой, растровой и офтальмологической оптике, светотехнике, волоконной и поляризационной оптике, лазерной технике и т.д. Не менее широка и область применения жидких кристаллов (ЖК), которые занимают особое место в ряду оптических и электрооптических материалов, перспективных для управления параметрами световых пучков и создания устройств отображения информации. Уникальные физические характеристики и возможность их эффективного управления предопределили широкое практическое использование ЖК. На основе ЖК созданы эффективные устройства отображения и обработки оптической информации, модуляторы и дефлекторы, управляемые транспаранты, интегрально-оптические устройства, оптические затворы, запоминающие устройства и другие системы. Представления о принципах, положенных в основу функционирования полимерных и жидкокристаллических материалов в оптических устройствах необходимы студентам, специализирующимся в различных областях оптики, т.к. такие устройства представляют собой интенсивно развивающийся и емкий объект приложения усилий специалистов этого профиля. В связи с этим понимание физики жидких кристаллов является важной составляющей подготовки магистранта. Материал дисциплины основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в общих дисциплинах оптики и сведениях, сообщаемых в дисциплинах специализации. Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта.

В результате изучения дисциплины магистрант должен

**знать:**

- основные виды оптических полимерных материалов, их базовые свойства и области применения в фотонике,
- основные принципы применения полимерных светочувствительных материалов в технологиях фотоники;
- типы ЖК, связанные с особенностями ориентации молекул;
- особенности оптической анизотропии жидких кристаллов;

- особенности магнитной и диэлектрической анизотропии жидких кристаллов;
- упругие свойства нематических жидких кристаллов;
- методы ориентации нематических жидких кристаллов;
- проявление электрооптических эффектов в нематических жидких кристаллах;
- ориентационные эффекты в нематических жидких кристаллах;
- применение нематических жидких кристаллов, как функциональных сред в оптических и фотонных приложениях.

***уметь:***

- определять возможность применения оптических полимерных материалов различных видов для решения тех или иных задач оптической техники и технологии;
- проводить оценочные расчеты параметров отдельных полимерных рефракционных и дифракционных оптических элементов;
- рассчитать угол ориентации директора нематического жидкого кристалла при заданном напряжении на жидкокристаллическом слое;
- рассчитать эффективный показатель преломления нематического жидкого кристалла в зависимости от геометрии взаимодействия слоя ЖК с линейно поляризованной световой волной;
- рассчитать величину фазового набегания линейно поляризованной световой волны в зависимости от угла ориентации директора в деформированном слое нематического ЖК.

***владеть:***

- методами оценки условий функционирования оптических элементов и приемлемости использования полимеров как конструкционных материалов при их изготовлении
- методами определения типа мезофазы;
- методами расчета эффективного показателя преломления нематического жидкого кристалла;
- методами определения оптических свойств нематического жидкого кристалла в деформированном состоянии.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

**академических компетенций** – углубленных научно-теоретических, методологических знаний и исследовательских умений, обеспечивающих разработку научно-исследовательских проектов или решение задач научного исследования, инновационной деятельности, постоянного самообразования и самосовершенствования;

**социально-личностных компетенций** – умений и личностных качеств следовать культурным, идеологическим и нравственным ценностям общества и государства; способностей к адекватному взаимодействию и межличностной коммуникации, критическому мышлению; мобильности и социальной

адаптивности, позволяющих решать социально-профессиональные, организационно-управленческие, в том числе воспитательные задачи;

**профессиональных компетенций** – углубленных знаний по специальным дисциплинам и умений решать сложные профессиональные задачи, разрабатывать и внедрять инновационные проекты, решать задачи научно-педагогической деятельности.

Программа дисциплины основывается на знаниях и представлениях, полученных при изучении дисциплин «Молекулярная спектроскопия и люминесценция» и «Лазерные системы», «Когерентная оптика и голография».

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 98; аудиторное количество часов – 50, из них: лекции – 46, аудиторный контроль УСП – 4.

Форма получения высшего образования — очная, дневная. Занятия проводятся на 1-ом курсе в 2-ом семестре. Формы текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет (1 зачетная единицы).

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Введение в оптику полимерных сред.** Традиционные оптические (неорганические) материалы и органические полимеры в качестве оптических сред

**2. Оптические свойства полимеров.** Поглощение и преломление света полимерами. Светорассеяние в полимерных средах. Оптическая анизотропия полимерных материалов. Люминесцентные, генерационные и нелинейно-оптические свойства полимерных материалов. Фоточувствительность полимеров. Элементарные сведения о молекулярных фотопревращениях в полимерных средах: образование электронно-возбужденных ансамблей, безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения, фотохимические реакции.

**3. Амплитудные и рельефообразующие фоточувствительные полимеры.** Фотохромогенные материалы для необратимой амплитудной записи. Фотохромные материалы и обратимая амплитудная запись. Рельефы проявления. Позитивные фоторезисты. Негативные фоторезисты. Деформационные (поверхностные) фоторельефы.

**4. Фоторефрактивные полимерные материалы для голографии и других оптических технологий.** Фоторефракция в полимерных материалах. Полимерные среды для записи объемных фазовых голограмм. Материалы с фотонаведенным двулучепреломлением. Полимерные нанослои для фотоориентации жидких кристаллов. **Общие свойства жидких кристаллов.**

Нематическая, холестерическая и смектическая мезофазы. Директор. Степень ориентационного порядка.

**5. Дефекты и текстуры в ЖК.**

**6. Анизотропия жидкокристаллической среды.** Магнитная анизотропия. Оптическая анизотропия. Диэлектрическая проницаемость. Диэлектрические постоянные. Частотные характеристики диэлектрических постоянных.

**7. Упругие свойства жидких кристаллов.** Теория упругости. Формула Франка для объемной упругой энергии. Модули упругости. S-, В-, Т-деформации в ориентированном слое НЖК.

**8. Конструкция и типы жидкокристаллических электрически управляемых ячеек.** Начальная ориентация (планарная, гомеотропная, твист структура и т.д.) и электрооптические ЖК элементов.

**9. Методы ориентации ЖК.** Методы планарной ориентации. Фотоориентация и метод натерания. Энергия сцепления. Азимутальная и полярная энергия сцепления ЖК с поверхностью подложки. Методы гомеотропной ориентации. Наклонная ориентация.

**10. Экспериментальное исследование перехода Фредерикса S-, В-эффекты.** Твист-эффект. Оптика твист –ячейки. Эффект гость-хозяин.

**11. Применение жидких кристаллов.** Устройства отображения и обработки оптической информации, модуляторы и дефлекторы, управляемые транспаранты, оптические затворы, запоминающие устройства, интегральные

фотонные активные ЖК устройства, Q-пластинки, ЖК элементы для формирования оптических вихревых пучков с заданной топологией поляризации, электрически управляемые дифракционные ЖК элементы.

**12. Основные типы оптических ЖК переключателей.** ЖК переключатели, работающие на принципе вращения плоскости поляризации, ЖК переключатели, работающие на эффекте рассеяния света, ЖК дефлекторы, планарные ЖК переключатели

**13. Фотонные устройства на основе ЖК- волноводов.** Оптические волноводы: краткая классификация. ЖК-волноводы как новая технологическая платформа. Линейные приложения ЖК-волноводов.

**14. Диодная и ламповая накачка.** Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение и усиление света.

**15. Полупроводниковые лазеры.** Элементы для накачки. Мощные лазерные диоды, линейки, матрицы.

**16. DPSS лазеры.** Продольная и поперечная накачка

**17. Nd лазеры.** Концентрационное тушение люминесценции.

**18. Yb лазеры.** Квази трехуровневый механизм генерации.

Tm лазеры.

**19. Er лазеры.** Кросс релаксация и апконверсия. Передача энергии возбуждения. Yb-Er и Tm-No лазеры.

**20. Дисковые лазеры.** Термолинза.

**21. Волоконные лазеры.** Мощные Yb волоконные лазеры.

**22. Лазеры на парах щелочных металлов с диодной накачкой DPAL.**

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ 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.	Введение в оптику полимерных сред.	2						Устный опрос
2.	Оптические свойства полимеров.	2						Устный опрос
3	Амплитудные и рельефообразующие фоточувствительные полимеры.	2						Устный опрос
4	Фоторефрактивные полимерные материалы для голографии и других оптических технологий.	4						Устный опрос
5	Общие свойства жидких кристаллов	2						Устный опрос
6	Дефекты и текстуры в ЖК.	2						Устный опрос
7	Анизотропия жидкокристаллической среды.	2						Устный опрос
8	Упругие свойства жидких кристаллов	2					2	Устный опрос, проверка рефератов
9.	Конструкция и типы жидкокристаллических электрически управляемых ячеек.	2						Устный опрос
10	Методы ориентации ЖК.	2						Устный опрос
11	Применение жидких кристаллов	2					2	Устный опрос, проверка рефератов
12	Основные типы оптических ЖК переключателей.	2						Устный опрос
13	Фотонные устройства на основе ЖК- волно-	2						Устный опрос

	водов							
14	Диодная и ламповая накачка. Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение и усиление света.	2						Устный опрос
15	Полупроводниковые лазеры. Элементы для накачки. Мощные лазерные диоды, линейки, матрицы.	2						Устный опрос
16	DPSS лазеры. Продольная и поперечная накачка	2						Устный опрос
17	Nd лазеры. Концентрационное тушение люминесценции.	2						Устный опрос
18	Yb лазеры, Квази трехуровневый механизм генерации. Tm лазеры.	2						Устный опрос
19	Er лазеры. Кросс релаксация и апконверсия. Передача энергии возбуждения. Yb-Er и Tm-No лазеры.	2						Устный опрос
20	Дисковые лазеры. Термолинза.	2						Устный опрос
21	Волоконные лазеры. Мощные Yb волоконные лазеры.	2						Устный опрос
22	Лазеры на парах щелочных металлов с диодной накачкой DPAL.	2						Устный опрос
	<b>Всего</b>	<b>46</b>					<b>4</b>	<b>Зачет</b>

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. В.Н.Серова. Полимерные оптические материалы. СПб, 2011.
2. В.В. Могильный. Полимерные фоторегистрирующие материалы и их применение, Мн., 2003.
3. Андреева О.В. Прикладная голография. Учебное пособие. –СПб, 2008.
4. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы / Под редакцией Веденева А.А., Чистякова И.Г. –М: Мир, 1980. –344с.
5. Блинов Л.М. Электрооптика и магнитооптика жидких кристаллов. –М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат.лит, 1978. –384с.
6. Капустин А.П. Электрооптические и акустические свойства жидких кристаллов. –М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат.лит, 1973. –358с.
7. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. - М.: Наука, Гл. ред. Физ.-мат.лит, 1983. – 297с.
8. Жидкие кристаллы / Под редакцией Жданова И.С. -М: Химия, 1979. – 261с.
9. Де Жен П. Физика жидких кристаллов. –М: Мир, 1977. –С.315.
10. В.П. Грибковский Полупроводниковые лазеры. Минск. 1988
11. Основы оптоэлектроники. М.: Мир. 1988
12. Е.Д. Карих, И.С. Манак. Полупроводниковые лазеры. Минск
13. І.В.Сташкевіч. Фізіка лазераў. Мн. БДУ, 2006.

### Перечень дополнительной литературы

1. Справочник по лазерной технике. М., “Энергоатомиздат”. Пер. с нем. Под ред. А.П. Напартовича. 1991
2. С.Г. Рябов, Г.Н. Торопкин, И.Ф. Усольцев. Приборы квантовой электроники. М: “Радио и связь” 1985.
3. О.Звелто. Принципы лазеров. - М.: Мир. 1984
4. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. - М.: Мир. 1981
5. Дмитриев А.Л. Полупроводниковые источники света. Санкт-Петербург. 2006
6. Толстик А.Л., Агишев И.Н., Мельникова Е.А. Лазерная физика: лабораторный практикум; учебное пособие с грифом МО // Мн.: БГУ, 2006, 91 с.

### Перечень используемых средств диагностики результатов

#### Перечень используемых средств диагностики

#### результатов учебной деятельности

1. Проверка рефератов.
2. Устные опросы.

## **Примерный перечень заданий УСР**

1. Упругие свойства жидких кристаллов.
2. Применение жидких кристаллов.
3. Дисковые лазеры. Термолинза.

## **Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой**

Для контроля УСР используются проверки рефератов.

### **Перечень тем рефератов**

1. Применения фоторезистов в микроэлектронике и оптике.
2. Объемные фазовые голограммы в полимерных средах.
3. Полимерные фотоориентанты для жидких кристаллов.
4. Жидкокристаллические модуляторы света. ЖК системы отображения информации.
5. Оптические ЖК переключатели.
6. Датчики на ЖК.
7. ЖК телевизионные панели
8. Активные интегральные ЖК компоненты

### **Методика формирования итоговой оценки**

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (постановление Министерства Образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете ( № 382-ОД от 18.08.2015 г.);
3. Критериев оценки знаний и компетенций студентов по 10-бальной шкале.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать проверку рефератов и устные опросы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно. Защита реферативных работ проводится

в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка каждого из устных ответов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднеарифметическая оценок за устные ответы. Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета, 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)
Нелинейные эффекты в оптике	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г.)

