

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.И. Чуприс

(подпись)

20.06.2018
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5586/уч.

НАНОФОТОНИКА. ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальностей

1- 31 04 01 Физика (по направлениям)

направление 1-31 04 01-01 Физика

(научно-исследовательская деятельность)

1-31 04 07 Физика наноматериалов

Минск 2018 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 04 01-2013, ОСВО 1-31 04 07-2013, учебных планов № G31-214/уч., G31и-215/у., G31-218/уч., №G31и-219/уч. от 20.02.2018 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

О.Г. Романов — заведующий кафедрой компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

И.А. Гончаренко – профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

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

Советом физического факультета (протокол № 12 от 28 июня 2018 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Нанопотоника. Волоконная оптика" разработана для специальности 1-31 04 01 - Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность) и специальности 1-31 04 07 Физика наноматериалов. Дисциплина «Нанопотоника. Волоконная оптика» относится к циклу дисциплин специализации 1-31 04 01-01 05 Лазерная физика и спектроскопия и специализации 1-31 04 07 01 Нанопотоника.

Нанотехнология — одно из ключевых понятий техники начала XXI века, символ новой научно-технической революции. Развитие нанотехнологий открывает большие перспективы при разработке новых материалов, совершенствовании связи, развитии биотехнологии, микроэлектроники, энергетики, здравоохранения и вооружения. Среди наиболее вероятных научных прорывов эксперты называют значительное увеличение производительности компьютеров, восстановление человеческих органов с использованием вновь воссозданной ткани, получение новых материалов, созданных напрямую из заданных атомов и молекул, а также новые открытия в химии и физике.

Нанопотоника – 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.

Изобретение лазера и прогресс в когерентной оптике открыли возможности использования оптического диапазона электромагнитных волн в системах передачи и обработки информации. Это влекло за собой резкое увеличение емкости линий передачи данных, быстродействия и улучшения многих других параметров устройств обработки информации. В качестве передающей среды в системах оптической связи используются оптические волокна, состоящие из стеклянной сердцевины, окруженной стеклянной оболочкой с несколько меньшим значением показателя преломления. Направляющие свойства волокон основаны на явлении полного внутреннего отражения света.

В настоящее время оптические волокна активно используются в качестве передающей среды в системах связи. Обладая малыми потерями и низкой дисперсией, они способны передавать широкополосные сигналы на большие расстояния. Более 90% объема информации передается по оптическому кабелю. Оптическими являются также сверхдальние линии связи между государствами и городами и многие местные линии, включая кабельное телевидение и Интернет. Благодаря своим уникальным свойствам диэлектрические волноводы и во-

локна служат также основой для различных устройств, применяющихся в системах оптической обработки, хранения и передачи информации, в оптических датчиках физических величин систем измерения и контроля состояния объектов. Устройства с применением оптических волокон активно используются в медицине, технологических процессах, научных исследованиях и т.д. Бесконечно возрастающие потребности информационной индустрии требуют постоянного совершенствования систем обработки и передачи данных, среди которых ведущее место занимают волоконно-оптические системы. Все это привело к пониманию того, что современные специалисты в области лазерной физики и спектроскопии должны в полной мере владеть основами волоконной оптики и иметь возможность использования ее результатов для решения разнообразных научных и производственных задач.

Цель учебной дисциплины — формирование у студентов комплексных знаний, умений и навыков, необходимых при решении теоретических и практических задач в области фотоники и оптики наноструктур, на уровне, достаточном для дальнейшего самостоятельного совершенствования в направлений этой дисциплины; дать студентам теоретические основы волоконной оптики, ознакомить их с эффектами локализации световых полей, распространением импульсов в оптических волокнах, особенностями нелинейно-оптических эффектов в направляющих структурах, а также дать представление о современных проблемах волоконной оптики и ее применениях в научных исследованиях и технологии.

Основные задачи учебной дисциплины — усвоение современных представлений об основных физико-математических моделях, лежащих в основе процессов взаимодействия оптического излучения с нанообъектами, изучение технологий изготовления наноструктур и современных областей их применения.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные закономерности взаимодействия оптического излучения с наноструктурами;
- основные механизмы взаимодействия лазерного излучения с веществом и методы моделирования данных процессов;
- основные принципы локализации и направления света оптическими волокнами и волноводами;
- основные свойства, характеристики и распределение полей направляемых мод в волноводах разного типа;

уметь:

- разрабатывать физико-математические и численные модели для решения задач распространения лазерного излучения в фотонных структурах;
- прогнозировать эффекты и явления, возникающие при распространении световых волн в оптических волокнах и волноводах;

владеть:

- навыками моделирования распространения лазерного излучения в слоистых и волноводных наноструктурах;

– базовыми принципами и методами расчета направляющих свойств волноведущих структур.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики и математики, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования.
- Применять знания физических основ современных технологий, методы внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Общее количество часов – 70; аудиторное количество часов – 40, из них: лекции – 32, аудиторный контроль УСП – 8. Форма получения высшего образования – очная, дневная. Занятия проводятся на 5-ом курсе в 9-ом семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет (1,5 зачетные единицы для специальности 1-31 04 01 - Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность) и 2 зачетные единицы для специальности 1-31 04 07 Физика наноматериалов).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Наноструктуры. Классификация наноструктур. Нанокластеры. Нульмерные, одномерные, тубулярные, двумерные и трехмерные наноструктуры.

2. Методы получения и современные области применения наноматериалов. Классификация методов синтеза наноматериалов. Физические и химические методы синтеза. Методы разделения наночастиц по размерам. Нанолитография. Микро- и наноэлектромеханические наноустройства. Наноэлектроника. Нанофотоника. Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Материалы для бионанотехнологий.

3. Фотонные кристаллы. Размерность фотонных кристаллов: одномерные, двумерные и трехмерные периодические структуры. Методы формирования фотонных кристаллов. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов. Материалы на основе фотонных кристаллов. Области применения. Моделирование распространения света в периодических и квазипериодических фотонных структурах. Методы прямого численного решения уравнений Максвелла. Примеры решений для одномерных и двумерных структур. Продольно-периодические структуры. Основы модовой теории распространения света в связанных волноводах. Понятие дискретной дифракции. Нелинейные эффекты в фотонных кристаллах. Нелинейно-оптические явления в периодических структурах, параметрическое взаимодействие световых волн, оптические солитоны.

4. Наноплазмоника. Введение в электродинамику металлов. Теория Друде-Зомерфельда оптических свойств металлов. Оптические свойства реальных металлов. Поверхностные плазмоны: Одномерные и двумерные поверхностные плазмоны. Методы возбуждения поверхностных плазмонов. Приложения наноплазмоники: Терапия и визуализация опухолей с помощью наночастиц. Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах. Спектроскопия отдельных плазмонных наночастиц. Элементная база интегральных схем на плазмонах.

5. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц и структур. Квантоворазмерный эффект. Спектры поглощения полупроводниковых наночастиц. Оптика квантовых ям и сверхрешеток. Классификация гетероструктур. Размерное квантование электронных состояний. Резонансное отражение и поглощение света в структурах с квантовыми ямами. Квантовые микрорезонаторы. Оптика квантовых нитей и квантовых точек. Оптические методы исследования квантовых точек. Применения квантовых точек: лазеры для волоконной связи, квантовые точки в биологии и медицине.

6. Метаматериалы. Оптика частиц с отрицательным показателем преломления. Основные свойства сред с отрицательным показателем преломления. Оптические свойства хиральных частиц.

7. Предмет волноводной оптики. История возникновения и развития линий и систем передачи оптических сигналов. Понятие направляющих свойств среды. Уравнения Максвелла. Волновое и параболическое уравнения. Одно-

родные плоские волны. Распространение и отражение плоских волн. Граничные условия. Отражение и преломление на границе диэлектриков. Полное отражение. Сдвиг Гуса-Хэнхена.

8. Принципы локализации света в оптических волноводах. Тонкопленочные оптические волноводы. Волноводные свойства плоского диэлектрического слоя. Моды симметричного диэлектрического слоя. Волновые решения для направляемых мод. Поглощение и рассеяние направляемых мод. Планарные волноводы конечной ширины. Полосковые волноводы. Гребневые волноводы. Профильные волноводы. Многослойные волноводы

9. Распространение света в оптических волокнах. Ступенчатые оптические волокна. Лучевой и волновой анализ мод волокна. Направляемые моды в случае неограниченной оболочки. Многомодовые и одномодовые волокна. Условия отсечки. Слабонаправляющие волокна. Многослойные оптические волокна. Уравнения связанных волн. Связанные волокна. Направленные ответвители. Градиентные волокна. Лучевой анализ. Волновой расчет мод для волокон с параболическим профилем показателя преломления. Одномодовый режим. Анизотропные оптические волокна. Поляризационные свойства оптических волокон. Оптические волокна с анизотропией диэлектрической проницаемости. Волокна, сохраняющие поляризацию и поляризующие волокна. Анизотропия формы поперечного сечения. Оптические волокна с эллиптическим и прямоугольным сечениями. Поляризационная модовая дисперсия. Методы изготовления оптических волокон.

10. Распространение оптических импульсов в регулярных и нерегулярных волокнах. Распространение оптических импульсов в волокнах. Нерегулярные волокна. Механизмы потерь в волоконных волноводах. Дисперсионные свойства оптических волокон. Дисперсия групповой скорости. Волноводная и материальная дисперсия. Дисперсия показателя преломления. Нормальная и аномальная дисперсии. Дисперсионное уширение импульса. Методы компенсации дисперсии.

11. Волоконно-оптические дифракционные решетки. Регулярные, чирпированные и аподизированные волоконно-оптические решетки. Длиннопериодные решетки. Применение волоконно-оптических решеток. Схемы записи волоконных решеток. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Преимущества волоконных волноводов по сравнению с объемными нелинейными средами. Вынужденные четырехфотонные процессы. ВКР и ВРМБ в оптических волокнах. Фазовая самомодуляция. Сжатие импульсов в оптических волокнах. Солитонные импульсы в оптических волокнах.

12. Принципы локализации и направления излучения в оптических волокнах. Полное внутреннее отражение. Самофокусировка световых лучей. Фотонные запрещенные зоны

13. Системы ввода/вывода оптического излучения в волоконные световоды. Ввод/вывод оптического излучения в волоконные волноводы. Ввод гауссовых пучков света в волновод. Числовая апертура. Линзовые системы ввода.

14. Оптические разветвители и мультиплексоры. X- и Y-образные разветвители. Волоконно-оптические мультиплексоры. Управляемые разветвители.

15. Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов. Волоконно-оптические датчики. Логические элементы на базе оптических волокон. Волоконно-оптические системы передачи информации.

16. Современные проблемы волоконной оптики. Активные оптические волокна. Типы волоконно-оптических усилителей. Волоконно-оптические лазеры. Волоконно-оптические датчики. Фотонные кристаллы. Понятие фотонной запрещенной зоны. Фотоннокристаллические и микроструктурированные волокна. Брэгговские волокна. Отражение от границы положительного и отрицательного диэлектриков.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7		9
1	Наноструктуры	2						Устный опрос
2	Методы получения и современные области применения наноматериалов	2						Устный опрос
3	Фотонные кристаллы	4					2	Устный опрос Проверка рефератов
4	Наноплазмоника	4					2	Устный опрос Проверка рефератов
5	Оптические свойства полупроводниковых наночастиц и структур	2						Устный опрос
6	Метаматериалы	2						Устный опрос
7	Предмет волноводной оптики	2						Устный опрос
8	Принципы локализации света в оптических волноводах	2						Устный опрос
9	Распространение света в оптических волокнах	2						Устный опрос
10	Распространение оптических импульсов в регулярных и нерегулярных волокнах	2						Устный опрос
11	Волоконно-оптические дифракционные решетки	2						Устный опрос
12	Принципы локализации и направления излучения в оптических волокнах	2						Устный опрос
13	Системы ввода/вывода оптического излучения в волоконные световоды	2						Устный опрос
14	Оптические разветвители и мультиплексоры	2						Устный опрос
15	Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов	2					2	Устный опрос

	ЛОВ							Проверка рефератов
16	Современные проблемы волоконной оптики	2					2	Устный опрос Проверка рефератов
	Всего	32					8	Зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Гапоненко С.В., Розанов Н.Н., Ивченко Е.Л., Федоров А.В., Бонч-Бруевич А.М., Вартамян Т.А., Пржибельский С.Г. Оптика наноструктур. СПб.: Недра. 2005.
2. Климов В.В. Наноплазмоника. М.: Физматлит. 2010.
3. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит. 2010.
4. Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А.. Оптические свойства наноструктур. С.-Пб.: Наука. 2001
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит., 2005.
6. Н.Х.-Г. Унгер. Планарные и волоконные оптические волноводы. М.: Мир. 1980.
7. А. Снайдер, Дж. Лав. Теория оптических волноводов. М.: Радио и связь. 1987.
8. А.М Гончаренко, В.А. Карпенко, И.А. Гончаренко. Основы теории оптических волноводов. Минск: Белорусская наука. 2009.
9. И.А. Гончаренко. Методы расчета сложных волоконных световодов. Минск: Новое знание. 2012.
10. М. Адамс. Введение в теорию оптических волноводов. М.: Мир. 1984.
11. А. Hasegawa. Optical solitons in fibers. Berlin: Springer. 1989.
12. Г. Агравал. Нелинейная волоконная оптика. М.: Мир. 1996.
13. С.Р. Giles. Lightwave applications of fiber Bragg gratings. J. Lightwave Technology. V.15, No.8. P.1391-1404. 1997.
14. А. Cucinotta, F. Poli, S. Selleri. Photonic Crystal Fibers: Properties and Applications. Springer. 2007.
15. E. Desurvire. Erbium-doped fiber amplifiers. Principal and applications. New York, Brisbane, Toronto, Singapore: Wiley&Son, Inc. 1994.

Перечень дополнительной литературы

1. Ч. Пул, Ф. Оуэнс Нанотехнологии Москва: Техносфера, 2005
2. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000.
3. В.Г. Цирельсон. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы, твердые тела М.: Бином, 2010.
4. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М.: Логос, 2000.
5. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. – М.: Химия, 2000.

6. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века / Пер. с англ. Под. Ред. Л.А. Чернозатонского. – М.: Техносфера, 2003.
7. Nanomaterials. Synthesis, Properties and Applications / Eds A.S. Edelstein, R.C. Cammarata. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1998.
8. Нанотехнологии в электронике. Под. Ред. Ю.А. Чаплыгина. М.: Техносфера, 2005.
9. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. - М. : Бинном. Лаборатория знаний, 2005.
10. Дж.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма, Ф.Агулло-Руеда. Нанотехнологии для микро и оптоэлектроники. М.: Техносфера, 2007.
11. В.Ф. Взятыхшев. Диэлектрические волноводы. М.: Сов. Радио. 1970.
12. Д. Маркузе. Оптические волноводы. М.: Мир.1974.
13. Р.Х. Столен. Нелинейные эффекты в волоконных световодах. ТИИЭР. Т.68, № 10. С.75-80. 1980.
14. А.С. Беланов, В.В. Григорьянц, В.Т. Потапов, А.Д. Шатров Передача оптических сигналов по световодам. "Радиотехника" / Итоги науки и техники ВИНТИ/, М. Т.30. С.1-256. 1984.
15. Д.Дж. Стерлинг. Техническое руководство по волоконной оптике. М.: «Лори». 1998.
16. Е.М. Дианов, П.В. Мамышев, А.М. Прохоров. Нелинейная волоконная оптика. Квантовая электроника. Т.15, №1. С.5-29. 1988.
17. Optical Solitons – Theory and Experiment / Edited by J.R. Taylor. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sidney: Cambridge University Press. 1992.
18. A. Bjarklev. Optical fiber amplifiers: design and system applications. Boston, London: Artech House, Inc. 1993.
19. А.М. Желтиков. Дырчатые волноводы. Успехи физических наук. Т.170, № 11. С.1204-1215. 2000.
20. J.C. Knight, T.A. Birks, R.F. Cregan et al. Photonic crystals as optical fibres – physics and applications. Optical Materials. V.11. P. 143-151. 1999.

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

1. Реферативные работы.
2. Устные опросы.

Примерный перечень заданий УСР

1. Моделирование распространения света в периодических и квазипериодических фотонных структурах.

2. Нелинейно-оптические эффекты в фотонных кристаллах.
3. Приложения наноплазмоники: Терапия и визуализация опухолей с помощью наночастиц.
4. Биосенсоры на поверхностных и локализованных плазмонах.
5. Волоконные системы передачи и обработки оптических сигналов.
6. Современные проблемы волоконной оптики

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются проверки рефератов.

Перечень тем реферативных работ

1. Распространение света в одномерных и двумерных фотонных кристаллах.
2. Распространения света в системах связанных волноводов (матричный режим, дискретная дифракция).
3. Оптические солитоны в фотонных кристаллах.
4. Волноводы на основе фотонных кристаллов.
5. Нанофототермолиз злокачественных опухолей.
6. Спектральные характеристики металлических наночастиц.
7. Объемные и поверхностные плазмоны.
8. Методы возбуждения поверхностных плазмонов.
9. Тонкопленочные оптические волноводы.
10. Плоский анизотропный волновод.
11. Планарные волноводы конечной ширины.
12. Двухслойные оптические волокна. Волновой анализ мод волокна.
13. Многослойные оптические волокна.
14. Градиентные волокна. Волокна с параболическим профилем показателя преломления.
15. Связанные волноводы и направленные ответвители. Оптические волокна с несколькими сердцевинами.
16. Оптические волокна с анизотропией диэлектрической проницаемости. Волокна, сохраняющие поляризацию и поляризующие волокна.
17. Оптические волокна с анизотропией формы поперечного сечения. Оптические волокна с эллиптическим и прямоугольным сечениями.
18. Поляризационные свойства оптических волокон. Поляризационная модовая дисперсия.
19. Дисперсионные свойства оптических волокон. Методы компенсации дисперсии.
20. Нерегулярные волокна. Уравнения связанных волн. Связь мод в изогнутых волокнах.

21. Волоконно-оптические брэгговские решетки. Чирпированные и аподизированные волоконно-оптические решетки.
22. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Вынужденные четырехфотонные процессы. ВКР и ВРМБ в оптических волокнах.
23. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Фазовая само-модуляция. Сжатие импульсов в оптических волокнах.
24. Распространение солитонных импульсов в оптических волокнах.
25. Фотоннокристаллические и микроструктурированные волокна. Брэгговские волокна.
26. Оптические волокна, усиливающие оптическое излучение. Волоконно-оптические усилители.

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 устные опросы и проверку рефератов. Устные опросы и проверка рефератов проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить задания в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки, 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 и рефератов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднеарифметическая оценок за устные ответы и рефераты. 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)
Оптическая обработка информации	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)
Когерентная оптика и голография	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)
Моделирование процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом	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)

