

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФВТ

А.Н.Яковлев

«09» 02 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Направление (специальность) ООП	12.03.02 Опотехника		
Профиль(и) подготовки (специализация, программа)	«Оптико-электронные приборы и системы»		
Квалификация (степень)	БАКАЛАВР		
Базовый учебный план приема (год)	2016		
Курс	3	Семестр	6
Количество кредитов	6		
Код дисциплины	Б1.ВМ.5.1.2		

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по ОФ
Лекции, ч	32
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	32
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	136
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен
Обеспечивающая кафедра	ЛиСТ

Заведующий кафедрой  к.ф.-м.н., доцент Яковлев А. Н.

Руководитель ООП  д.ф.-м.н., профессор Штанько В. Ф.

Преподаватель  к. ф.-м.н., доцент И.Ю. Зыков

2016 г.

1. Цели освоения модуля.

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся фундаментальных базовых знаний в области лазерной техники, а также понимание направления развития отрасли, что соответствует целям Ц2 и Ц3 ООП.

2. Место модуля в структуре ООП

Дисциплина «Основы квантовой электроники» относится к вариативному междисциплинарному профессиональному модулю Б1.ВМ5.

Дисциплине «Основы квантовой электроники» предшествует освоение дисциплин (ПЕРЕКВИЗИТЫ):

- Высшая математика
- Физика
- Основы оптики.

Содержание разделов дисциплины «Основы квантовой электроники» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Лазерная техника
- Оптические материалы и технологии.

3. Результаты освоения дисциплины.

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции и из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2 (ОПК-2, ОПК-4, ОК-7)	32.1	основные тенденции и направления развития световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий	У.2.1	работать с первоисточниками научно-технической информации, выполнять патентный поиск, анализировать полученную информацию	В.2.1	анализа и систематизирования научно-технической информации
Р3 (ПК- 4, 6, 10, 12, 18 ОПК-2)	3.3.2	основные типы и характеристики лазерных систем; элементную базу лазерной техники; технику безопасности при работе с лазерами			В.3.2	работы с мощным лазерным излучением; методами анализа и расчёта основных характеристик лазерных систем при проектировании приборов оптоэлектроники; методами

						определения основных параметров элементов лазерной техники
			У.3.3	осуществлять корректный выбор элементов оптических систем, источников и приёмников оптического излучения		
Р4 (ОПК-2, ПК- 1, 4, 5, ОПК-7)	3.4.3	основные принципы построения, методы проектирования и расчета оптической, световой и лазерной техники на базе системного подхода, включая этапы функционального, конструкторского и технологического проектирования на уровне элементов и узлов, требования стандартизации технической документации				
Р5 (ПК-2, 3, ОПК-5)	3.5.2	отдельные типы оптических, светотехнических и лазерных приборов и систем, особенности их конструкции, технологии производства, а также условия и методы их эксплуатации	У.5.2	проводить фотометрические и оптические измерения с выбором технических средств и обработкой результатов		
Р6 (ПК-4, 7, 8, 9, 5, 19,20,21)	3.6.1	типичные технологические процессы и оборудование оптического и светотехнического производства	У.6.1	настраивать и контролировать оптическую, световую и лазерную технику	В.6.1	наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач.

В результате освоения дисциплины «Основы квантовой электроники» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
РД1	Знание основных направлений и тенденций развития лазерной техники, правил безопасности при работе с лазерной техникой, умения работать с источниками научно-технической информации, опыт анализа и систематизации научнотехнической информации.

РД2	Знание основных лазерных схем и элементной базы, умение осуществлять корректный выбор элементов оптических схем, опыт работы с мощным лазерным излучением.
РД3	Знание основных подходов к проектированию лазерной техники.
РД4	Знание основных типов лазерных приборов, особенностей их конструкции, производства и особенностей эксплуатации, умения производить измерения параметров лазерного излучения.
РД5	Знание основных процессов и оборудования лазерного производства, умение юстировать лазерные установки, навыки наладки и эксплуатации лазерных установок.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Основные принципы работы лазеров.

Основные принципы работы лазеров (24 часа).

1.1. Активная среда. Атомные процессы, ответственные за работу лазера. Спонтанное, вынужденное излучение и поглощение. Коэффициенты Эйнштейна. Взаимосвязь между коэффициентами Эйнштейна. Релаксационные процессы. Ширина и форма спектральных линий. Лоренцева форма линии. Однородное и неоднородное уширение. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. (10 часов)

1.2. Квантовое усиление. Создание инверсной населенности. Отрицательная температура. Методы осуществления инверсии населенностей. Метод оптической накачки. Трех- и четырех- уровневые квантовые системы. Создание инверсии населенностей в полупроводниках. (6 часов)

1.3. Оптическая обратная связь: лазерный резонатор.

Преобразование усилителя в генератор. Открытый резонатор, его добротность, моды. Формирование пучка в резонаторе. Классификация оптических резонаторов. Условие устойчивости. Конфокальный резонатор. Моды активного резонатора. (8 часов)

Виды учебной деятельности:

Лекции:

Лазер, изобретение, развитие, ведущие производители.

Типы переходов в квантовой системе

Ширина и форма спектральной линии.

Квантовое усиление.

Инверсная населённость, методы накачки активных сред.

Объемный и открытый резонаторы.

Добротность резонатора, собственные моды.

Формирование пучка в резонаторе.

Устойчивость резонатора со сферическими зеркалами.

Резонатор активной среда, спектр активного резонатора.

Лабораторные работы:

Нет.

Раздел 2. Кинетика работы лазера, схемы лазеров.

2.1. Характеристики лазерного излучения (6 часов).

Монохроматичность, когерентность, яркость и направленность лазерного излучения.

2.2 Режимы работы лазеров (4 часов).

Непрерывный режим. Импульсный режим. Режим свободной генерации.

Режим модулированной добротности. Режим синхронизации мод.

2.3. Управление характеристиками лазерного излучения. Селекция поперечных и продольных

Виды учебной деятельности:

Лекции:

Схемы работы лазера.

Генерация, порог генерации.

Режим свободной генерации, модуляция добротности резонатора.

Оптические затворы, 4 часа.

Генерация пикосекундных импульсов.

Генерация сверхкоротких импульсов.

Практические схемы лазеров.

Характеристики лазерного излучения и способы их регистрации.

Лабораторные работы:

Измерение энергии твердотельного лазера.

Измерение кинетики излучения твердотельного лазера в режиме свободной генерации.

Раздел 3. Типы лазеров.

Атомарные газовые лазеры. Основные методы возбуждения. Гелий-неоновый лазер.

Лазер на парах меди. Ионные газовые лазеры. Аргоновый лазер.

Гелий-кадмиевый лазер. Молекулярные газовые лазеры. CO₂ –лазеры.

Механизм инверсии. Роль азота и гелия. Газодинамический лазер. Азотный лазер.

СО-лазер. Водородный лазер. Эксимерные и химические лазеры.

Твердотельные лазеры. Рубиновый и неодимовый лазер. Волоконные лазеры.

Лазеры на красителях. Лазеры на центрах окраски. Полупроводниковые лазеры.

Лазеры на свободных электронах. Рентгеновские лазеры.

Виды учебной деятельности:

Лекции:

Классификация лазеров

Твердотельные лазеры, активные среды.

Твердотельные лазеры, оптические схемы и конструктив.

Волоконные лазеры.

Жидкостные лазеры.

Классификация газовых лазеров.

Атомарные лазеры.

Лазеры на парах металлов.

Ионные лазеры.

Лазеры на электронных переходах молекул, азотный и водородный лазеры.

Эксимерные лазеры.

Лазеры на колебательных переходах молекул.
CO₂ лазер. СО –лазер.
Конструкции CO₂лазеров.
Полупроводниковые лазеры.
Прочие типы лазеров.
Перспективы развития отрасли.
Лабораторные работы:
Устройство твердотельных лазеров.
Гелий-неоновый лазер.
Азотный лазер.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- опережающая самостоятельная работа;
- перевод текстов с иностранных языков;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- выполнение курсовой работы или проекта;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы индивидуальных заданий:

- История создания лазера.
 - Ведущие мировые производители лазеров.
 - Направление развития лазерных технологий.
- Темы, выносимые на самостоятельную проработку:
- Конструкции лазеров на углекислом газе и их применение.

- Лазеры на свободных электронах.
- Химические лазеры.
- Рентгеновские лазеры
- Конструктивные элементы лазеров.
- Основные области применения лазеров.

Темы курсовых проектов/работ.

1. Гелий-неоновый лазер.
2. Лазер на парах меди.
3. Аргоновый лазер.
4. Рубиновый лазер.
5. Лазер на стекле, активированном неодимом.
6. Лазер на АИГ.
7. Лазер на ГСГГ.
8. Лазеры на красителях.
9. Лазер на свободных электронах.
10. CO₂ лазер с отпаянной трубкой или медленной прокачкой рабочей смеси.
11. CO₂ лазер с быстрой прокачкой рабочей смеси.
12. CO₂ газодинамический лазер.
13. CO₂ импульсный лазер.
14. СО-лазеры.
15. Лазеры ИЛФ (иттрий – литий-фтор).
16. Лазер на свободных электронах.
17. Полупроводниковые лазеры с инжекционной накачкой.
18. Светодиоды.
19. Полупроводниковые лазеры с накачкой электронным пучком и квантоскопы.
20. Твердотельные лазеры со светодиодной накачкой.
21. Гелий-кадмиевый лазер.
22. Азотный лазер.
23. Водородный лазер.
24. Эксимерные лазеры.
25. Фототропные затворы.
26. Электрооптические затворы.
27. Режим синхронизации мод.
28. Лазеры для получения сверхкоротких импульсов.
29. Параметрический генератор света.
30. Оптоволоконные системы транспортировки лазерного излучения.
31. Квантовые СВЧ-приборы.

По согласованию с преподавателем возможны другие темы.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Защита лабораторных работ.
- В рамках сдачи коллоквиумов и экзамена.
- В рамках выполнения лабораторной работы.
- Защита курсовой работы (проекта).
- Индивидуальные сообщения.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Обсуждения изученных тем, научные дискуссии.	РД1- РД3
Выполнение и защита лабораторных работ.	РД4- РД5
Сдача коллоквиумов, экзамена.	РД1- РД5
Защита курсовой работы (проекта)	РД1- РД5

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств) :

Контрольные вопросы для сдачи коллоквиумов и экзамена.

Вопрос к первому коллоквиуму.

1. Переходы квантовой системы при поглощении, индуцированном и спонтанном излучении.
2. Причины и вероятность спонтанных переходов.
3. Вынужденные квантовые переходы.
4. Ширина спектральной линии.
5. Естественное уширение.
6. Доплеровское уширение.
7. Столкновительный, Зеемановский и Штарковский механизмы уширения.
8. Однородное и неоднородное уширение.
9. Взаимодействие излучения с двухуровневой системой
10. Методы накачки активных сред.
11. Двухуровневая квантовая система усиления.
12. 3-х и 4-х уровневые системы.
13. Особенности практической реализации схем накачки.
14. Назначение и основные характеристики резонатора.
15. СВЧ-резонаторы.
16. Открытый резонатор.
17. Моды резонатора (поперечные).
18. Спектр активного резонатора, конкуренция мод.
19. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.
20. Дисперсионные и кольцевые резонаторы.
21. Требования, предъявляемые к практическим конструкциям резонатора.

Вопросы ко второму коллоквиуму

1. Режимы работы лазера.

2. Инверсная населенность и условие самовозбуждения.
3. Усиление в активной среде (стадии усиления).
4. Режим свободной генерации (регулярные и хаотические пички).
5. Пичковый и стационарный режим работы лазера.
6. Режим модулированной добротности резонатора.
7. Реализация режима модулированной добротности, оптико-механические затворы.
8. Полуволновый и четвертьволновый затвор на основе эффекта Керра.
9. Полуволновый и четвертьволновый затвор на основе эффекта Погкельса.
10. Фототропные затворы.
11. Режим синхронизации мод.
12. Оптические схемы лазеров для получения наносекундных импульсов.
13. Оптические схемы лазеров для получения пикосекундных импульсов.
14. Оптические квантовые усилители, насыщение усиления.
15. Предотвращение возбуждения усилительных каскадов.
16. Характеристики лазерного излучения, энергетические характеристики.
17. Временные и спектральные характеристики лазерного излучения.
18. Геометрические и смежные характеристики лазерного излучения.
19. Свойства (особенности лазерного излучения).
20. КПД лазера.
21. Классификация лазеров.

Вопросы к третьему коллоквиуму.

1. Классификация лазеров
2. Активные среды твердотельных лазеров, основные требования, легирующие элементы (активаторы).
3. Взаимодействие ионов активатора и внутрикристаллических полей.
4. Основные требования, предъявляемые к матрицам активных сред твердотельных лазеров.
5. Рубиновый лазер.
6. Неодимовые лазеры.
7. Устройство излучателя твердотельного лазера.
8. Жидкостные лазеры на растворах красителей.
9. Схема лазера на красителе, особенности растворов красителей как активных сред.
10. Особенности п/п лазеров, типы, лазеры с накачкой электронным пучком.
11. Инжекционные лазеры.
12. Газовые лазеры, их особенности и классификация.
13. Накачка газовых лазеров, виды газового разряда.
14. Механизмы возбуждения частиц в газе.
15. Гелий-неоновый лазер.
16. Лазер на парах меди.
17. Ионные лазеры (на примере аргонового).
18. Энергетические уровни и конфигурация колебаний молекулы CO₂.
19. Отпаянные газоразрядные CO₂ лазеры, лазеры с медленной прокачкой.
20. Газодинамические лазеры.
21. Эксимерные лазеры.

Контрольная работа.

Вариант 1.

1. Лазер излучает на частоте $2,83 \cdot 10^{13}$ Гц. Определить длину волны излучения, период колебаний, энергию кванта в Джоулях и электрон-вольтах. Указать тип лазера.

2. На фотоэлемент попадает лазерный импульс. Зная, что импульсная мощность лазера составляет 10 МВт, длительность импульса составляет 10 нс, а длина волны – 1.06 мкм, определить напряжение на идеальном конденсаторе емкостью 10 мкф, включенном последовательно с фотоэлементом, если квантовый выход фотокатода составляет 10^{-4} .

3. Лазерная установка состоит из задающего лазера с модуляцией добротности резонатора вращающейся призмой и трех каскадов усиления с активными элементами длиной по 100 мм с коэффициентом усиления среды 0.15 см^{-1} . Определить ток через вакуумный фотоэлемент, на который попадает 0.01 энергии лазерного импульса при квантовом выходе фотокатода 10^{-5} и длине волны 1.06 мкм, если призма вращается с частотой 30000 об/мин, а конструкция резонатора допускает генерацию при разъюстировке ± 10 угловых минут. Энергия импульса задающего лазера - 400 мкДж

4. Лазерная установка состоит из задающего лазера с модуляцией добротности резонатора электрооптическим затвором и трех каскадов усиления с активными элементами длиной по 120 мм с коэффициентом усиления среды 0.11 см^{-1} . Определить максимально допустимую электрическую емкость модулятора электрооптического затвора, если сопротивление управляющей цепи составляет 50 ом, а ток через вакуумный фотоэлемент, на который попадает 0.01 энергии лазерного импульса при квантовом выходе фотокатода 10^{-2} и длине волны 1.06 мкм оставляет 400 А. Энергия импульса задающего лазера составляет 1 мДж.

5. Эксимерный лазер накапливается электронным пучком с энергией электрона 400 Кэв. Определить плотность мощности в пучке размером 30*200 мм, если емкость накопителя составляет 0.1 нФ, а эквивалентное электрическое сопротивление цепи - 0,01 ом.

Вариант 2.

1. Лазер излучает колебания с периодом $2.1 \cdot 10^{-15}$ С. Определить длину волны излучения, частоту колебаний, энергию кванта в Джоулях и электрон-вольтах. Указать тип лазера.

2. На фотоэлемент попадает лазерный импульс. Зная, что энергия импульса составляет 1 Дж, длительность импульса составляет 100 нс, а длина волны – 1.06 мкм, определить напряжение на нагрузке 50 ом, если квантовый выход фотокатода составляет 10^{-5} .

3. Лазерная установка состоит из задающего лазера с модуляцией добротности резонатора вращающейся призмой и трех каскадов усиления с активными элементами длиной по 100 мм с коэффициентом усиления среды 0.15 см^{-1} . Определить ток через вакуумный фотоэлемент, на который попадает 0.01 энергии лазерного импульса при квантовом выходе фотокатода 10^{-5} и длине волны 1.06 мкм, если призма вращается с частотой 30000 об/мин, а конструкция резонатора допускает генерацию при разъюстировке ± 10 угловых минут. Энергия импульса задающего лазера - 400 мкДж

4. Лазерная установка состоит из задающего лазера с модуляцией добротности резонатора электрооптическим затвором и трех каскадов усиления с активными элементами длиной по 120 мм с коэффициентом усиления среды 0.11 см^{-1} . Определить максимально допустимую электрическую емкость модулятора электрооптического затвора, если сопротивление управляющей цепи составляет 50 ом, а ток через вакуумный фотоэлемент, на который попадает 0.01 энергии лазерного импульса при квантовом выходе фотокатода 10^{-2} и длине волны 1.06 мкм оставляет 400 А. Энергия импульса задающего лазера составляет 1 мДж.

5. Эксимерный лазер накапливается электронным пучком с энергией электрона 400 Кэв. Определить плотность мощности в пучке размером 30*200 мм, если емкость накопителя составляет 0.1 нФ, а эквивалентное электрическое сопротивление цепи - 0,01 ом.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и

итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета» в действующей редакции.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

– текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

– промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

– текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);

– промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов. Квантовая электроника. Приборы и их применение. М. Техносфера 2006.
2. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М.:Высш. Шк., 2001.- 573 с.

Дополнительная литература:

1. О'Ши Д., Коллен Р., Роде У. Лазерная техника. М.: Атомиздат, 1980. 255 с.
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988.- 335 с.
3. Дудкин В.И. Основы квантовой электроники: Уч. пособие/СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999.- 307 с.
4. Смирнов А.Г. Квантовая электроника и оптотехника.-Мн.: Выш. Шк., 1987. – 195 с.
5. Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия. Отв. Ред. М.Е. Жаботинский. -М.: "Сов. Энциклопедия", 1969.-432с.
6. Горбатенко Б.Б., Дмитриева Е.И., Сальников А.Н. Основы квантовой

электроники: Уч. пособие/ Саратов: Изд-во Саратовского ГТУ, 2001.- 108 с.
 7. Дьяков А.Д. Введение в квантовую электронику. М.: Наука, 1971.- 260 с.
Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

Электронные ресурсы

1. Издательство Лань.

1.1 Лосев В.Ф.

Мощные газовые лазеры : учебное пособие

1.2 Пахомов И.И., Хорохов А.М.

Квантовая теория излучения. Взаимодействие излучения с веществом

2. Издательство ТПУ

2.1 Евтушенко Г.С., Шиянов Д.В., Губарев Ф.А.

Лазеры на парах металлов с высокими частотами следования импульсов :
 монография.

Используемое программное обеспечение: Нет.


10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

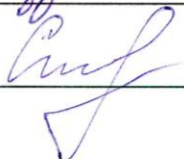
Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины:
 технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лаборатория лазерной техники и технологии Оборудование: Лазер ЛГ-56 - 1шт. Лазер ЛГ-38 - 1шт. Лазер ЛГН-109 - 1шт. Бл. Питания ВС-22 -2шт. Бл. Питания БНВ3-05 -5шт. ГенераторГ5-54 – 4шт. ГенераторГ5-56 – 2шт. ГенераторГЗИ-16 – 4шт. Приставка СОК-1 -4шт. Калориметр ИКТ-1Н -4шт. Калориметр ИКТ-1М -2шт. Калориметр ОСИЭ-А--2шт. Калориметр ОСИ СМ -2шт. Осциллограф С8-17 – 2шт. Осциллограф С8-14 – 3шт. Осциллограф С8-12 – 1шт. Скоростная камера СКС-1М - 1шт. Скоростная камера ВФУ-1 - 1шт. Электронно-оптический регистратор ФЭР-7 - 1шт. Фотоэлемент ФЭК-09К- 3шт. Фотоумножитель – 4шт.	Корп. 2, ауд. 032
2	Учебная аудитория	Корпус 16, ауд. 233

Программа составлена на основе СУОС ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 12.03.02 «Оптотехника».

Программа одобрена на заседании кафедры лазерной и световой техники ИФВТ (протокол № 219 от «08» февраля 2016 г.).

Автор  _____ Зыков И.Ю.

Рецензент  _____ С.А. Степанов