

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР
А.А.Панфилов

« 13 » 10 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Приемники оптического излучения»
(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции , час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	3/108	18	-	36	54	зачет

Владимир 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Приемники оптического излучения" относится к базисным дисциплинам содержания образовательных программ по направлению подготовки "Лазерная техника и лазерные технологии".

Цель изучения дисциплины - освоение обучающимися теоретических и практических основ фотометрии и физических принципов работы приемников излучения, используемых в лазерном эксперименте.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Приемники оптического излучения» относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП. Изучение дисциплины проходит в шестом семестре.

Дисциплина базируется на математическом аппарате дифференциального и интегрального исчисления, теоретических основах геометрической и физической оптики. Полученные студентами знания необходимы для усвоения курсов, связанных с методами оптических измерений и экспериментальных исследований в различных областях науки и техники.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) **знать:** -

Физические величины, характеризующие излучение. Энергетические и световые единицы измерений (ПК-4).

- Основные типы источников излучения, используемых в физическом эксперименте (ПК-4).

- Структурные схемы средств измерений. Физические принципы работы и основные характеристики первичных измерительных преобразователей (ПК-5).

2) **уметь:**

- использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОПК-4);

- проводить настройку приемников оптического излучения в лабораторных условиях (ПК-4);

3) владеть:

- способностью учитывать современные тенденции развития лазерных технологий (ОПК-4);

- способностью обрабатывать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования (ОПК-6);

- способностью к анализу и расчёту выходного сигнала приемников оптического излучения (ПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 ЗЕТ, 108 часов.

№ п / п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1.	Характеристики светового потока	6	1-2	2	-	-	6	-	8	-	3/37%	Рейтинг-контроль №1
2.	Тепловые приемники излучения	6	3-8	6	-	-	12	-	18	-	7/38%	Рейтинг-контроль №2
3.	Фотонные приемники излучения	6	9-18	10	-	-	18	-	28	-	11/39%	Рейтинг-контроль №3
Всего:		6	18	18	-	-	36	-	54	-	21/38%	зачет

**СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
ЛЕКЦИИ**

1. Характеристики светового потока.

1.1. Физические величины, характеризующие излучение. Поток излучения, светимость, яркость, освещенность поверхности. Энергетические и световые единицы измерений. Относительная спектральная чувствительность среднего человеческого глаза.

2. Приемники излучения.

2.1. Структурная схема средств измерений. Первичные измерительные преобразователи, приемный элемент, чувствительный элемент. Физические принципы работы первичных измерительных преобразователей.

2.2. Тепловые приемники излучения. Калориметры. Болометры. Пироприемники. Назначение, принципы работы, технические характеристики.

2.3. Физические принципы работы и основные технические характеристики фотоэлектрических приемников излучения.

2.4. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители. Фотодиоды, фоторезисторы.

2.5. Физические принципы работы приборов с зарядовой связью. МОП - емкость, зарядовая связь, сдвиговый регистр. Основные технические характеристики.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. Измерение освещенности поверхности.
2. Измерение светимости источников излучения.
3. Рейтинг - контроль №1.
4. Измерение чувствительности и постоянной времени калориметров.
5. Измерение чувствительности и постоянной времени болометров
6. Рейтинг - контроль №2.
7. Измерение чувствительности и постоянной времени фотоэлементов.
8. Измерение чувствительности и постоянной времени фотодиодов, фоторезисторов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

1. лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
2. обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
3. применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);
4. информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний);

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ

а) Вопросы рейтинг-контроля:

Рейтинг-контроль 1

1. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:
 - а) поток энергии, соответствующий световому потоку 1,0 лм и длиной волны 0,45 мкм;
 - б) световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0,45 до 0,48 мкм если соответствующий поток энергии равен 5 мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ линейная.
2. Найти светимость поверхности, яркость которой зависит от направления как $B = B_0 \cos(\nu)$, где ν – угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.
3. Равномерно светящийся купол, имеющий вид полусферы, опирается на горизонтальную поверхность. Определить освещенность в центре этой поверхности, если яркость купола равна B и не зависит от направления.

Рейтинг-контроль 2

1. Ламбертовский источник имеет вид бесконечной плоскости. Его яркость равна B . Найти освещенность площадки, расположенной параллельно данному источнику.
2. Небольшой светильник, имеющий вид равномерно светящейся сферы радиуса $R = 6,0$ см, находится на расстоянии $h = 3,0$ м от пола. Яркость светильника $B = 2 \cdot 10^4$ кд/м² и не зависит от направления. Найти освещенность пола непосредственно под светильником.
3. Для измерения энергии импульсов излучения используется калориметр, приемным элементом (ПЭ) которого служит медный конус массой 6 г, покрытый закисью меди. Удельная теплоемкость меди 410 Дж/(кг·К). Чувствительным элементом калориметра является батарея из 2000 медь-константановых термопар, дифференциальная термо-ЭДС одной термопары 50 мкВ/К. Холодные спаи термопар имеют температуру, равную температуре окружающей среды. Диаметр проволочек 100 мкм, длина 5 мм. Считая, что основным механизмом теплообмена ПЭ является теплоотвод путем теплопроводности через батарею термопар (коэффициент теплопроводности 390 Вт/(м·К)), определите:
 1. постоянную времени калориметра;
 2. чувствительность калориметра;
 3. нижний предел измерений энергии при шуме 10 мкВ.

Рейтинг-контроль 3

1. Для измерения мощности непрерывного излучения используется болометр, приемным элементом (ПЭ) которого служит никелевая пленка размером 1 см×1 см толщиной 0,2 мкм, нанесенная на стеклянную подложку толщиной 1 мм. Удельная теплоемкость никеля 410 Дж/(кг·К), плотность никеля 8,9 г/см³, коэффициент поглощения излучения 0,6, коэффициент теплопроводности стекла 0,74 Вт/(м·К), удельное сопротивление никеля 10^{-7} Ом·м, температурный коэффициент сопротивления 0,005 К⁻¹. Тыльная сторона подложки поддерживается при температуре 300 К. Считая, что основным механизмом теплообмена ПЭ явля-

ется теплоотвод путем теплопроводности через стеклянную подложку, и не учитывая электротепловую связь, определите:

1. постоянную времени болометра;
2. омическую [Ом/Вт] чувствительность болометра;
3. максимальное изменение температуры пленки при измерении излучения мощностью 1 Вт.

2. Для измерения энергии импульсов и средней мощности излучения импульсно-периодических лазеров используется тепловой приемник излучения, приемный элемент которого имеет теплоемкость $2 \cdot 10^{-5}$ Дж/К и эффективный коэффициент теплообмена $0,7 \cdot 10^{-2}$ Вт/К. Определите минимальную температуру приемного элемента при измерении параметров

1. лазера на парах меди (энергия импульса 0,1 мДж, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов 10 кГц);

2. неодимового лазера (кристалл ИАГ с Nd) с модулированной добротностью (энергия импульса 100 мДж, длительность импульса 15 нс, частота повторения импульсов 25 Гц).

3. Температура окружающей среды $T_0 = 300$ К. Коэффициент поглощения излучения приемным элементом в видимой области спектра 0,6, в ближней инфракрасной - 0,7.

б) Вопросы для зачёта:

1. Основные характеристики тепловых приемников излучения.
2. Физические принципы работы и основные характеристики калориметров.
3. Физические принципы работы и основные характеристики болометров.
4. Физические принципы работы и основные характеристики пирометров.
5. Физические принципы работы термоэлементов.
6. Метод электрического замещения.
7. Электротепловая связь.
8. Фотоэлектрические приемники излучения. Основные характеристики.
9. Физические принципы работы и основные характеристики фотоэлементов.

10. Физические принципы работы и основные характеристики ФЭУ.
11. Физические принципы работы и основные характеристики фоторезисторов и фотодиодов.
12. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью.
13. МОП – емкость.
14. Зарядовая связь. Сдвиговой регистр.

в) Вопросы для проверки самостоятельной работы:

1. Чем определяется быстродействие фотоэлементов?
2. Чем определяется чувствительность фотоэлементов?
3. Какие из фотоэлектрических приемников обладают наибольшей чувствительностью в инфракрасной области спектра?
4. Расположите фотоэлектрические приемники (фотоэлементы, ФЭУ, фотодиоды, фоторезисторы) в порядке возрастания быстродействия.
5. Что означает термин «неэффективность переноса» для фоточувствительных приборов с зарядовой связью?

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

а) основная литература:

1. Г.Г.Ишанин, В.П.Челибанов «Приемники оптического излучения. учебник». Издательство Лань, 2014. –304 с. ISBN 978-5-8114-1048-4. ID: 3931642. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53675

2. Якушенков, Ю. Г. Основы оптико-электронного приборостроения [Электронный ресурс] : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю. Г. Якушенков. – М. : Логос, 2013. – 376с . <http://znanium.com/bookread2.php?book=469671>

3. Андреев А. Н., Гаврилов Е. В., Ишанин Г. Г. и др. Оптические измерения: учебное пособие. М.: Университетская книга: Логос, 2012. — 416 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=469178>.

б) дополнительная литература:

1. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Двух- и многодиапазонные системы с матричными приемниками излучения. – М.: Логос.2007- 192 с.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=469116>.
2. Аверин А.П. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Лазерные технологии" / А. П. Аверин, Е. Л. Шаманская ; (ВлГУ), 2007 .— 60 с.
<http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/1160>.
3. Таксанц М.В. Энергетические параметры и характеристики лазерного излучения [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Измерение и контроль параметров лазерного излучения»/ Таксанц М.В., Майоров Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 54 с.
<http://www.iprbookshop.ru/31659>. ЭБС «IPRbooks», по паролю.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком (420-3, 430-3). Учебно-научная лаборатория лазерной диагностики (104-3), учебно-научная лаборатория фемтосекундной лазерной техники (107-3). Аудитории для проведения занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (511-3, 100-3).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями
ФГОС ВО по направлению 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Рабочую программу составил
доцент кафедры ФиПМ

Заякин А.А.

(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя)

Нел. ошрера ФКП "ГЛП" Радуга" КФМН

Логсенко С.Л.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры _____

Протокол № 29 от 13.10.15 года

Заведующий кафедрой _____

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической ко-
миссии направления

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол № 29 от 13.10.15 года

Председатель комиссии _____

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ С.М.Аракелян

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ С.М.Аракелян

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ С.М.Аракелян