

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Светотехника и источники света

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины
ИЗМЕРЕНИЯ В СВЕТОТЕХНИКЕ**


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 4; 6 семестр - 4; 7 семестр - 3; всего - 11
Часов (всего) по учебному плану:	396 часа
Лекции	5 семестр - 48 часа; 6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 108 часов
Практические занятия	5 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 16 часов; всего - 44 часа
Консультации	6 семестр - 2 часа; 7 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	5 семестр - 79,7 часа; 6 семестр - 85,5 часа; 7 семестр - 57,5 часа; всего - 222,7 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	5 семестр - 0,30 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,30 часа

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Васьковский А.А.
	Идентификатор	R940487b8-VaskovskyAA-782fdc0f

(подпись)

А.А.


Васьковский

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Григорьев А.А.
	Идентификатор	R28090f70-GrigoryevAA-7e2fdc05


(подпись)

А.А. Григорьев

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Боос Г.В.
	Идентификатор	R4494501d-BoosGeorV-031c67c1

(подпись)

Г.В. Боос

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение теоретических основ и приобретение практических навыков измерения величин, характеризующих источники и приёмники излучения, световые приборы, материалы и светотехнические установки, их спектральных и колориметрических характеристик, овладение методами оценки точности результатов измерений

Задачи дисциплины

- освоение основных положений теоретической фотометрии;
- овладение методами измерений световых, энергетических и эффективных величин в светотехнике;
- овладение методами измерений электрических параметров и характеристик источников и приёмников излучения, световых приборов и светотехнических установок;
- приобретение обучающимися навыков работы с основными фотометрическими, электроизмерительными, спектральными и колориметрическими приборами;
- освоение методов обработки и оценки достоверности результатов измерений.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен осуществлять проектирование, расчёты и конструирование, измерение параметров светотехнического оборудования, осваивать теоретическую и прикладную фотометрию	ИД-1 _{ПК-1} Измерение параметров, контроль качества и испытание световых приборов и их составных частей, решение проблем теоретической фотометрии	знать: - принцип действия призматических и дифракционных приборов, применяемых для измерения спектральных характеристик объектов; - законы геометрической оптики, методы построения изображений; - методы измерений цветовых характеристик объектов; - основные светотехнические эталоны и их особенности; - принципы выбора приёмников оптического излучения для измерения стандартных эффективных величин; - методы и оборудование для измерения электрических параметров источников света и сигналов приёмников оптического излучения; - основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных в метрологии; - методы измерения светотехнических и оптических характеристик материалов; - методы измерений спектральных характеристик объектов; - методы измерений энергетических, световых и других эффективных величин. уметь: - выбирать приборы для проведения измерения спектральных характеристик

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>объектов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать методы измерения координат цвета источников света и светотехнических материалов; - самостоятельно осваивать работу с основными электроизмерительными приборами; - использовать основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных; - оценивать основные энергетические соотношения при использовании оптических систем в спектральных приборах; - выбирать светофильтры для коррекции спектральной чувствительности приемников оптического излучения, предназначенных для измерения стандартных эффективных величин; - выбирать методы измерения световых величин, редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин; - выбирать рабочие средства измерений для фотометрических и радиометрических исследований; - выбирать способы освещения образцов при измерении светотехнических характеристик материалов; - оценивать основные энергетические соотношения при использовании оптических систем в фотометрических, радиометрических и колориметрических.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Светотехника и источники света (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные положения теоретических основ электротехники
- знать основные законы геометрической и физической оптики
- знать системы величин, применяемых в светотехнике и связь между ними
- знать оптические и фотометрические характеристики материалов
- знать метрологические характеристики органа зрения

- знать основные параметры и схемы включения приёмников оптического излучения
- уметь выполнять светотехнические и колориметрические расчёты
- уметь рассчитывать электрические цепи

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы метрологии	38	5	10	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы метрологии"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 11-62 [6], 30-32</p>	
1.1	Фотометрия как область метрологии	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
1.2	Обработка результатов измерений	20		6	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Измерение электрических величин	32		12	-	-	-	-	-	-	-	-	20		-
2.1	Измерение электрических величин	32		12	-	-	-	-	-	-	-	-	20		-
3	Оптические системы фотометрических	42.7		14	-	4	-	-	-	-	-	24.7	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу</p>	

	энергетических величин												решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 33-43 [3], 68, 69, 80-84, 111-116, 119, 120 [5], 221-228 [6], 3-29 [8], 145-147, 162-186, п. 7.3 [9], 143-145, 147-150, 176-187 [12], 347-355	
6	Спектральные приборы	34		8	12	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Спектральные приборы" материалу.
6.1	Спектральные приборы	34		8	12	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [8], 212-229 [9], 176-179 [10], 17-38, 103-137, 144-147
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		28	28	-	-	2	-	-	0.5	52	33.5	
	Итого за семестр	144.0		28	28	-	-	2	-	-	0.5	85.5		
7	Спектральные измерения	12	7	4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Спектральные измерения" материалу.
7.1	Спектральные измерения	12		4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], 410-418 [9], 187-200

													[10], 61-64	
8	Цветовые измерения	21	8	8	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Цветовые измерения" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 100-111, 116. 117 [7], 398-409 [10], 22-23, 32-38, 40-42, 59-64 [11], 31-62, 63-82
8.1	Цветовые измерения	21	8	8	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
9	Измерение фотометрических характеристик материалов	15	10	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Измерение фотометрических характеристик материалов" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 88-100 [7], 398-409 [8], 193-229 [9], 162-165 [10], 36-38, 55-59
9.1	Рефлектометрия	12	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
9.2	Рефрактометрия	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
10	Меры, используемые в фотометрии и радиометрии	24	10	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Меры, используемые в фотометрии и радиометрии" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
10.1	Принципы построения эталонов в фотометрии и радиометрии	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
10.2	Системы эталонов в области фотометрии и радиометрии	16	6	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	

														[3], 64-66, 121-130 [9], 81-83, 232-235 [10], 32-36, 49-50, 103-109, 144-147
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	-	57.5	
	ИТОГО	396.00	-	108	44	16	-	4	-	-	1.30	-	222.7	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы метрологии

1.1. Фотометрия как область метрологии

Звездные величины. О трудах П. Бугера и И. Ламберта. Первые фотометрические приборы. Основные понятия метрологии. Процесс измерения физической величины. Классификация измерений. Методы измерений. Обобщенная схема фотометрических измерений.

1.2. Обработка результатов измерений

Классификация погрешностей измерений. Виды систематических погрешностей. Природа систематических погрешностей в фотометрии. Способы исключения и уменьшения систематических погрешностей. Случайные погрешности. Характеристики и законы распределения случайных погрешностей. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Метрологические характеристики и параметры средств измерений. Методы обработки результатов измерений с учётом систематических и случайных погрешностей. Исключение грубых погрешностей.

2. Измерение электрических величин

2.1. Измерение электрических величин

Общие сведения об аналоговых электроизмерительных устройствах. Масштабные измерительные преобразователи. Электромеханические измерительные преобразователи. Общие сведения о цифровых электроизмерительных устройствах. Основные элементы цифровых измерительных устройств. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Приборы для измерения постоянного тока и напряжения. Приборы для измерения переменного тока и напряжения. Измерение электрической мощности и энергии. Измерение сопротивления постоянному току. Измерение параметров цепей переменного тока. Параметры и характеристики сигналов, изменяющихся во времени. Аналоговые осциллографы. Цифровые осциллографы. Измерение частоты и фазы сигналов.

3. Оптические системы фотометрических приборов

3.1. Основные понятия геометрической оптики

Функции оптических систем фотометрических приборов. Основные элементы оптических систем. Оптические системы типовых приборов. Законы геометрической оптики. Предмет и его изображение. Правила знаков в оптике. Преломление лучей на плоских поверхностях. Преломление лучей на сферических поверхностях. Оптика параксиальных лучей. Основные положения теории идеальной оптической системы. Кардинальные элементы идеальной оптической системы. Оптика нулевых лучей. Построение изображений. Увеличения оптической системы.

3.2. Ограничение световых пучков в оптических системах

Освещенность изображения, создаваемого оптической системой. Апертурная диафрагма и зрачки. Полевая диафрагма. Угловое и линейное поле оптической системы. Виньетирование. Хроматические aberrации. Монохроматические aberrации. Дифракция на входном зрачке.

4. Приёмники оптического излучения

4.1. Приёмники оптического излучения

Геометрические параметры приёмников оптического излучения. Электрические параметры и характеристики приёмников оптического излучения. Эксплуатационные параметры приёмников оптического излучения. Световая характеристика приёмников оптического излучения. Интегральная чувствительность приёмников оптического излучения. Спектральная характеристика чувствительности приёмников оптического излучения. Квантовый выход приёмников оптического излучения. Пороговые и шумовые параметры приёмников оптического излучения. Угловая характеристика чувствительности приёмников оптического излучения. Зонная характеристика чувствительности приёмников оптического излучения. Временные характеристики приёмников оптического излучения. Основы физической фотометрии. Принципы измерения редуцированных (эффективных) и энергетических величин. Типы и расчет корректирующих светофильтров. Методы оценки качества спектральной коррекции по стандарту Международной комиссии по освещению. Спектрорадиометрический метод измерения.

5. Измерение интегральных величин

5.1. Измерение световых величин

Оптические и электрические схемы люкметров. Коррекция спектральной и угловой характеристик люксметра. Измерение цилиндрической освещенности. Измерение сферической и полусферической освещенности. Калибровка люксметра. Оценка погрешностей люксметра по стандарту МКО. Методы измерения силы света, основанные на применении закона квадратов расстояний. Телецентрический метод измерения силы света и основанные на нем линзовые, зеркальные и растровые фотометры. Схемы гониофотометров для измерения кривых силы света. Специфика измерения силы света светодиодов. Способы измерения яркости. Яркометры сравнения яркостных полей. Яркометры, измеряющие яркость по освещенности от фотометрируемого участка поверхности. Яркометры, измеряющие яркость по освещенности в изображении фотометрируемого поля. Калибровка яркометров. Прямые измерения светового потока с помощью шарового фотометра. Методы определения потока по кривым силы света и распределению освещенности. Специфика измерения светового потока светодиодов.

5.2. Измерение редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин

Системы редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения. Оптические материалы и приёмники излучения для ультрафиолетовой области спектра. Ультрафиолетовые радиометры. Особенности измерений вакуумного ультрафиолета. Энергетические параметры лазеров. Структурная схема ваттметров и джоульметров лазерного излучения. Методы измерения энергии и мощности лазерного излучения. Методы ослабления лазерного излучения. Методы измерения пространственно-энергетических параметров лазерного излучения.

6. Спектральные приборы

6.1. Спектральные приборы

Задачи, решаемые с помощью спектральных приборов. Обобщенная схема спектрального прибора. Классификация спектральных приборов. Принцип действия призмных и дифракционных приборов. Схемы спектральных приборов. Угловая и линейная дисперсия спектральных приборов. Разрешающая сила спектральных приборов. Аппаратная функция спектральных приборов.

7. Спектральные измерения

7.1. Спектральные измерения

Градуировка спектральных приборов по длинам волн и линейной дисперсии. Схемы освещения входной щели спектральных приборов. Измерение спектральных характеристик материалов. Измерение спектральной чувствительности приемников излучения.

8. Цветовые измерения

8.1. Цветовые измерения

Особенности измерения цвета самосветящихся и несамосветящихся объектов. Интегральные фотоэлектрические колориметры. Определение цвета по результатам спектральных измерений. Спектроколориметры. Специфика измерения спектральных и цветовых характеристик светодиодов и приборов с этими источниками света. Оптико-электронные методы измерения температуры. Коррелированная цветовая температура.

9. Измерение фотометрических характеристик материалов

9.1. Рефлектометрия

Оптические характеристики сред. Условия освещения и наблюдения объектов. Источники излучения. Измерение коэффициента зеркального отражения и направленного пропускания. Измерение коэффициента яркости. Измерение коэффициента отражения светорассеивающей поверхности. Измерение спектральных характеристик материалов.

9.2. Рефрактометрия

Гониометрические методы. Автоколлимационный метод. Рефрактометрические методы. Иммерсионный метод.

10. Меры, используемые в фотометрии и радиометрии

10.1. Принципы построения эталонов в фотометрии и радиометрии

Свойства эталонов. Классификация эталонов. Поверочные схемы. Модель черного тела. Синхротронное излучение. Эталон на базе самокалибрующегося фотодиода. Абсолютный радиометр.

10.2. Системы эталонов в области фотометрии и радиометрии

Государственный первичный эталон единиц силы света и светового потока непрерывного излучения. Государственный первичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения, энергетической яркости, энергетической освещенности, потока и силы излучения. Государственный первичный эталон единиц потока излучения, энергетической освещенности, спектральной плотности энергетической освещенности и энергетической экспозиции. Передача единиц измерения световых и энергетических величин рабочим средствам измерения. Рабочие средства измерения световых величин. Рабочие средства измерения энергетических величин. Рабочие средства измерения с приемниками излучения. Рабочие средства измерения для спектральных измерений.

3.3. Темы практических занятий

1. Характеристики и законы распределения случайных погрешностей;
2. Доверительный интервал и доверительная вероятность;
3. Методы обработки результатов измерений с учётом систематических и случайных

- погрешностей;
4. Построение изображений;
 5. Увеличения оптической системы;
 6. Ограничение пучков в оптических системах;
 7. Освещенность изображения, создаваемого оптической системой;
 8. Расчет корригирующих светофильтров.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Визуальный колориметр;
2. Градуировка призменного монохроматора;
3. Фотоэлектрический колориметр;
4. Спектроколориметр;
5. Измерение светового потока;
6. Электрооборудование практикума по фотометрии;
7. Измерение яркости;
8. Исследование характеристик и схем включения кремниевого фотодиода;
9. Измерение силы света;
10. Измерение спектральных характеристик источников излучения;
11. Исследование характеристик дифракционного монохроматора.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы метрологии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерение электрических величин"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптические системы фотометрических приборов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Приёмники оптического излучения"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерение интегральных величин"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные приборы"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные измерения"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цветовые измерения"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерение фотометрических характеристик материалов"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Меры, используемые в фотометрии и радиометрии"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы метрологии"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение электрических величин"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оптические системы фотометрических приборов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Приёмники оптического излучения"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение интегральных величин"

6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Спектральные приборы"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Спектральные измерения"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Цветовые измерения"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение фотометрических характеристик материалов"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Меры, используемые в фотометрии и радиометрии"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Знать:													
методы измерений энергетических, световых и других эффективных величин	ИД-1ПК-1					+							Тестирование/Измерение световых и энергетических величин
методы измерений спектральных характеристик объектов	ИД-1ПК-1								+				Лабораторная работа/Светотехнические измерения 8 Тестирование/Спектральные измерения
методы измерения светотехнических и оптических характеристик материалов	ИД-1ПК-1										+		Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных в метрологии	ИД-1ПК-1	+											Тестирование/Измерения и погрешности
методы и оборудование для измерения электрических параметров источников света и сигналов приемников оптического излучения	ИД-1ПК-1		+										Тестирование/Электрические измерения
принципы выбора приёмников оптического излучения для измерения стандартных эффективных величин	ИД-1ПК-1				+								Тестирование/Приемники оптического излучения
основные светотехнические эталоны и их особенности	ИД-1ПК-1											+	Лабораторная работа/Светотехнические измерения 11
методы измерений цветовых характеристик объектов	ИД-1ПК-1									+			Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
законы геометрической оптики, методы	ИД-1ПК-1			+									Тестирование/Геометрическая оптика

построения изображений													
принцип действия призмных и дифракционных приборов, применяемых для измерения спектральных характеристик объектов	ИД-1ПК-1												Лабораторная работа/Светотехнические измерения 5 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 6 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 7
Уметь:													
оценивать основные энергетические соотношения при использовании оптических систем в фотометрических, радиометрических и колориметрических	ИД-1ПК-1												Тестирование/Геометрическая оптика
выбирать способы освещения образцов при измерении светотехнических характеристик материалов	ИД-1ПК-1												Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
выбирать рабочие средства измерений для фотометрических и радиометрических исследований	ИД-1ПК-1												Лабораторная работа/Светотехнические измерения 11
выбирать методы измерения световых величин, редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин	ИД-1ПК-1												Лабораторная работа/Светотехнические измерения 1 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 2 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 3 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 4
выбирать светофильтры для коррекции спектральной чувствительности приемников оптического излучения,	ИД-1ПК-1												Расчетно-графическая работа/Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра

предназначенных для измерения стандартных эффективных величин												
оценивать основные энергетические соотношения при использовании оптических систем в спектральных приборах	ИД-1ПК-1							+				Лабораторная работа/Светотехнические измерения 8
использовать основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных	ИД-1ПК-1	+										Тестирование/Параметры распределений случайных величин Расчетно-графическая работа/Расчёт погрешностей фотометрических измерений
самостоятельно осваивать работу с основными электроизмерительными приборами	ИД-1ПК-1		+									Расчетно-графическая работа/Расчёт погрешностей фотометрических измерений
выбирать методы измерения координат цвета источников света и светотехнических материалов	ИД-1ПК-1								+			Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
выбирать приборы для проведения измерения спектральных характеристик объектов	ИД-1ПК-1							+				Лабораторная работа/Светотехнические измерения 5 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 6 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 7

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Геометрическая оптика (Тестирование)
2. Измерения и погрешности (Тестирование)
3. Параметры распределений случайных величин (Тестирование)
4. Приемники оптического излучения (Тестирование)
5. Расчёт погрешностей фотометрических измерений (Расчетно-графическая работа)
6. Электрические измерения (Тестирование)

6 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Светотехнические измерения 1 (Лабораторная работа)
2. Светотехнические измерения 2 (Лабораторная работа)
3. Светотехнические измерения 3 (Лабораторная работа)
4. Светотехнические измерения 4 (Лабораторная работа)
5. Светотехнические измерения 5 (Лабораторная работа)
6. Светотехнические измерения 6 (Лабораторная работа)
7. Светотехнические измерения 7 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Измерение световых и энергетических величин (Тестирование)
2. Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра (Расчетно-графическая работа)

7 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Светотехнические измерения 10 (Лабораторная работа)
2. Светотехнические измерения 11 (Лабораторная работа)
3. Светотехнические измерения 8 (Лабораторная работа)
4. Светотехнические измерения 9 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Спектральные измерения (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

Оценка по итогам семестра определяется семестровая составляющая, полученная по результатам выполнения контрольных мероприятий течение семестра

Экзамен (Семестр №6)

Экзамен (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии / К. К. Ким, и др. – СПб. : Питер, 2006 . – 368 с. – (Учебное пособие) . - ISBN 5-469-01090-2 .;
2. Орлов, Д. А. Приемники оптического излучения : учебное пособие для вузов по специальности 210103 "Квантовая и оптическая электроника" направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" / Д. А. Орлов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 80 с. - ISBN 978-5-383-00493-7 .
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1674;
3. Справочная книга по светотехнике : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат и магистратура по направлению "Электроника и наноэлектроника" / Редакция журн. "Светотехника" ; общ. ред. Ю. Б. Айзенберг, Г. В. Боос ; науч. ред. С. Г. Ашурков, Л. П. Варфоломеев . – 4-е изд., полностью перераб. и доп. – Москва : [б. и.], 2019 . – 892 с. - ISBN 978-5-6043163-0-6 .;
4. Прикладная оптика : учебное пособие для вузов по направлению 200200 - Опотехника и оптическим специальностям / Л. Г. Бебчук, [и др.] ; Ред. Н. П. Закаэнов . – 3-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2009 . – 320 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0757-6 .;
5. Мешков, В. В. Основы светотехники. Ч. 1 : учебное пособие для вузов по специальности "Светотехника и источники света" / В. В. Мешков . – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1979 . – 368 с.;
6. Петров, В. М. Световые измерения. Лабораторные работы : методическое пособие по курсам "Фотометрия", "Метрология оптических сигналов" и "Основы светотехники" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / В. М. Петров, И. П. Шестопалова, О. П. Меламед, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 39 с.;
7. Мешков, В. В. Основы светотехники. В 2 ч. Ч.2. Физиологическая оптика и колориметрия : учебное пособие по специальности "Светотехника и источники света" / В. В. Мешков, А. Б. Матвеев . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 432 с. - ISBN 5-283-00551-8 .;
8. Гуревич, М. М. Введение в фотометрию / М. М. Гуревич . – Л. : Энергия, 1968 . – 244 с.;
9. Эпштейн, М. И. Измерения оптического излучения в электронике / М. И. Эпштейн . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 252 с. - Уч-5 экз. - ISBN 5-283-00550-X .;
10. Скоков, И. В. Оптические спектральные приборы : учебное пособие для оптических специальностей вузов / И. В. Скоков . – М. : Машиностроение, 1984 . – 240 с.;
11. А. Н. Магунов- "Спектральная пирометрия", Издательство: "Физматлит", Москва, 2012 - (248 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467919>;
12. П. М. Тиходеев- "Световые измерения в светотехнике (фотометрия)", (Изд. 2-е), Издательство: "Госэнергоиздат", Москва, Ленинград, 1962 - (466 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474163>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. Libre Office.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
12. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
13. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
14. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
15. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
16. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
17. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
18. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
19. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
20. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
21. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
22. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
23. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
24. Журналы Журналы Royal Society of Chemistry - <https://pubs.rsc.org/>
25. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
26. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
27. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
28. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>
29. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
30. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
31. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
32. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

33. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
34. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
35. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
36. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
37. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>
38. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
39. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
40. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
41. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
42. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
43. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
44. Информιο - <https://www.informio.ru/>
45. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Е-632, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-624, Лаборатория кафедры "Светотехники"	стол, стул, техническая аппаратура, инвентарь специализированный, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Е-632, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска меловая
Помещения для	НТБ-303,	стол компьютерный, стул, стол

самостоятельной работы	Компьютерный читальный зал	письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-627, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-628, Прочее каф. "Светотех."	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Измерения в светотехнике**

(название дисциплины)

5 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Измерения и погрешности (Тестирование)
 КМ-2 Параметры распределений случайных величин (Тестирование)
 КМ-3 Электрические измерения (Тестирование)
 КМ-4 Геометрическая оптика (Тестирование)
 КМ-5 Приемники оптического излучения (Тестирование)
 КМ-6 Расчёт погрешностей фотометрических измерений (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	4	8	12	14	15
1	Основы метрологии							
1.1	Фотометрия как область метрологии		+	+				+
1.2	Обработка результатов измерений		+					
2	Измерение электрических величин							
2.1	Измерение электрических величин				+			+
3	Оптические системы фотометрических приборов							
3.1	Основные понятия геометрической оптики					+		
3.2	Ограничение световых пучков в оптических системах					+		
4	Приёмники оптического излучения							
4.1	Приёмники оптического излучения						+	
Вес КМ, %:			10	15	15	15	15	30

6 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-7 Измерение световых и энергетических величин (Тестирование)
 КМ-8 Светотехнические измерения 1 (Лабораторная работа)
 КМ-9 Светотехнические измерения 2 (Лабораторная работа)
 КМ- Светотехнические измерения 3 (Лабораторная работа)

- 10
 КМ- Светотехнические измерения 4 (Лабораторная работа)
 11
 КМ- Светотехнические измерения 5 (Лабораторная работа)
 12
 КМ- Светотехнические измерения 6 (Лабораторная работа)
 13
 КМ- Светотехнические измерения 7 (Лабораторная работа)
 14
 КМ- Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра (Расчетно-
 15 графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
		Неделя КМ:	4	8	10	10	12	12	14	14	14
1	Измерение интегральных величин										
1.1	Измерение световых величин		+	+	+	+	+				+
1.2	Измерение редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин		+	+	+	+	+				+
2	Спектральные приборы										
2.1	Спектральные приборы							+	+	+	
Вес КМ, %:			15	15	7	8	7	8	7	8	25

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Спектральные измерения (Тестирование)
 КМ-2 Светотехнические измерения 8 (Лабораторная работа)
 КМ-3 Светотехнические измерения 9 (Лабораторная работа)
 КМ-4 Светотехнические измерения 10 (Лабораторная работа)
 КМ-5 Светотехнические измерения 11 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	5
1	Спектральные измерения						

1.1	Спектральные измерения	+	+			
2	Цветовые измерения					
2.1	Цветовые измерения			+	+	
3	Измерение фотометрических характеристик материалов					
3.1	Рефлектометрия			+	+	
3.2	Рефрактометрия			+	+	
4	Меры, используемые в фотометрии и радиометрии					
4.1	Принципы построения эталонов в фотометрии и радиометрии					+
4.2	Системы эталонов в области фотометрии и радиометрии					+
Вес КМ, %:		10	20	20	20	30