

**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**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 8; 6 семестр - 4; всего - 12</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>432 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 96 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 124 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 24 часа; всего - 56 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 157,5 часа; 6 семестр - 89,5 часа; всего - 247,0 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> Тестирование Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час</b>

**Москва 2020**

**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 <sub>ПК-1</sub> 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; - основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных в метрологии; - основные светотехнические эталоны и их особенности; - законы геометрической оптики, методы построения изображений; - методы измерений цветовых характеристик объектов; - методы измерений спектральных характеристик объектов; - принципы выбора приёмников оптического излучения для измерения стандартных эффективных величин; - методы и оборудование для измерения электрических параметров источников света и сигналов приёмников оптического излучения; - методы измерений энергетических, световых и других эффективных величин; - методы измерения светотехнических и оптических характеристик материалов.  уметь: - использовать основные приёмы обработки и представления

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

## 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 12 зачетных единиц, 432 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	18	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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 "Основы метрологии" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы метрологии"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 11-62 [6], 30-32</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Измерение электрических величин"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать</p>	
1.1	Фотометрия как область метрологии	18		8	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
1.2	Обработка результатов измерений	20		10	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Измерение электрических величин	30		12	-	-	-	-	-	-	-	-	18		-
2.1	Измерение электрических величин	30		12	-	-	-	-	-	-	-	-	18		-

													выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 63-94, 96-123, 125-132 [6], 3-11, 30-39
3	Оптические системы фотометрических приборов	45	18	-	-	-	-	-	-	-	27	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Оптические системы фотометрических приборов" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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 "Оптические системы фотометрических приборов" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 16-21, 93-117
3.1	Основные понятия геометрической оптики	22	8	-	-	-	-	-	-	-	14	-	
3.2	Ограничение световых пучков в оптических системах	23	10	-	-	-	-	-	-	-	13	-	
4	Приёмники оптического излучения	32	18	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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 "Приемники оптического излучения" материалу. <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 20-29 [3], 67, 70, 71, 75-78 [4], 117-121
4.1	Приёмники оптического излучения	32	18	-	-	-	-	-	-	-	14	-	

													[5], 44-51 [7], 348-361 [8], 140-161 [9], 110-115	
5	Измерение интегральных величин	107		30	32	-	-	-	-	-	-	45	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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 интегральных величин" материалу. <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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
5.1	Измерение световых величин	77		20	32	-	-	-	-	-	-	25	-	
5.2	Измерение редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин	30		10	-	-	-	-	-	-	-	20	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	288.0		96	32	-	-	2	-	-	0.5	124	33.5	
	Итого за семестр	288.0		96	32	-	-	2	-	-	0.5	157.5		
6	Цветовые измерения	19	6	4	8	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
6.1	Цветовые измерения	19		4	8	-	-	-	-	-	-	7	-	



													[3], 100-111, 116. 117 [7], 398-409 [10], 22-23, 32-38, 40-42, 59-64 [11], 31-62, 63-82
7	Спектральные приборы	21	6	8	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [8], 212-229 [9], 176-179 [10], 17-38, 103-137, 144-147
7.1	Спектральные приборы	21	6	8	-	-	-	-	-	-	7	-	
8	Спектральные измерения	16	4	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [7], 410-418 [9], 187-200 [10], 61-64
8.1	Спектральные измерения	16	4	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
9	Измерение фотометрических характеристик материалов	19	6	-	-	-	-	-	-	-	13	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 88-100
9.1	Рефлектометрия	13	4	-	-	-	-	-	-	-	9	-	
9.2	Рефрактометрия	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

														[7], 398-409 [8], 193-229 [9], 162-165 [10], 36-38, 55-59
10	Меры, используемые в фотометрии и радиометрии	33		8	4	-	-	-	-	-	-	21	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 64-66, 121-130 [9], 81-83, 232-235 [10], 32-36, 49-50, 103-109, 144-147
10.1	Принципы построения эталонов в фотометрии и радиометрии	13		4	-	-	-	-	-	-	-	9	-	
10.2	Системы эталонов в области фотометрии и радиометрии	20		4	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>28</b>	<b>24</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>56</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>28</b>	<b>24</b>	-	<b>2</b>		-		<b>0.5</b>	<b>89.5</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>432.0</b>	-	<b>124</b>	<b>56</b>	-	<b>4</b>		-		<b>1.0</b>	<b>247.0</b>		

**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. Цветовые измерения

### 6.1. 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.

## 7. Спектральные приборы

### 7.1. 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.

## 8. Спектральные измерения

### 8.1. 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.

## 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**

не предусмотрено

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение светового потока;
2. Электрооборудование практикума по фотометрии;
3. Измерение силы света;
4. Исследование характеристик и схем включения кремниевого фотодиода;
5. Измерение яркости;
6. Фотоэлектрический колориметр;
7. Измерение спектральных характеристик источников излучения;
8. Спектроколориметр;
9. Градуировка призмного монохроматора;
10. Визуальный колориметр;
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 "Цветовые измерения"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные приборы"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектральные 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 "Цветовые измерения"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Спектральные приборы"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Спектральные 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		
<b>Знать:</b>													
методы измерения светотехнических и оптических характеристик материалов	ИД-1ПК-1											+	Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
методы измерений энергетических, световых и других эффективных величин	ИД-1ПК-1					+							Тестирование/Измерение световых и энергетических величин
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
методы измерений спектральных характеристик объектов	ИД-1ПК-1										+		Расчетно-графическая работа/Расчет характеристик спектрального прибора Лабораторная работа/Светотехнические измерения 8 Тестирование/Спектральные измерения
методы измерений цветовых характеристик объектов	ИД-1ПК-1							+					Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
законы геометрической оптики, методы построения изображений	ИД-1ПК-1			+									Тестирование/Геометрическая оптика
основные светотехнические эталоны и их особенности	ИД-1ПК-1											+	Лабораторная работа/Светотехнические измерения 11



основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных в метрологии	ИД-1ПК-1	+										Тестирование/Измерения и погрешности
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
<b>Уметь:</b>												
выбирать методы измерения координат цвета источников света и светотехнических материалов	ИД-1ПК-1							+				Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
выбирать светофильтры для коррекции спектральной чувствительности приемников оптического излучения, предназначенных для измерения стандартных эффективных величин	ИД-1ПК-1						+					Расчетно-графическая работа/Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра
выбирать рабочие средства измерений для фотометрических и радиометрических исследований	ИД-1ПК-1										+	Лабораторная работа/Светотехнические измерения 11
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
оценивать основные энергетические соотношения при использовании	ИД-1ПК-1			+								Тестирование/Геометрическая оптика

оптических систем в фотометрических, радиометрических и колориметрических												
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
самостоятельно осваивать работу с основными электроизмерительными приборами	ИД-1ПК-1		+									Лабораторная работа/Светотехнические измерения 2
выбирать способы освещения образцов при измерении светотехнических характеристик материалов	ИД-1ПК-1										+	Лабораторная работа/Светотехнические измерения 10 Лабораторная работа/Светотехнические измерения 9
оценивать основные энергетические соотношения при использовании оптических систем в спектральных приборах	ИД-1ПК-1										+	Расчетно-графическая работа/Расчет характеристик спектрального прибора Лабораторная работа/Светотехнические измерения 8
использовать основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных	ИД-1ПК-1		+									Тестирование/Параметры распределений случайных величин

#### **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: 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)

Форма реализации: Проверка задания

1. Геометрическая оптика (Тестирование)
2. Измерение световых и энергетических величин (Тестирование)
3. Измерения и погрешности (Тестирование)
4. Параметры распределений случайных величин (Тестирование)
5. Приемники оптического излучения (Тестирование)
6. Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра (Расчетно-графическая работа)
7. Электрические измерения (Тестирование)

###### **6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Светотехнические измерения 10 (Лабораторная работа)
2. Светотехнические измерения 11 (Лабораторная работа)
3. Светотехнические измерения 5 (Лабораторная работа)
4. Светотехнические измерения 6 (Лабораторная работа)
5. Светотехнические измерения 7 (Лабораторная работа)
6. Светотехнические измерения 8 (Лабораторная работа)
7. Светотехнические измерения 9 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет характеристик спектрального прибора (Расчетно-графическая работа)
2. Спектральные измерения (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №5)

Экзамен (Семестр №6)

В диплом выставляется оценка за 6 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, 2010 . – 368 с. – (Учебное пособие) . - ISBN 978-5-469-01090-6 .;
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](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. Заказов . – 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. Магунов А. Н.- "Спектральная пирометрия", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2012 - (248 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5280](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5280);
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. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Dr.Web;
5. Расписание учебных занятий;
6. Advanced Threat Analytics;

7. Acrobat Reader;
8. Android Studio;
9. Apache;
10. MySQL;
11. Notepad++;
12. Python;
13. DIALux;
14. Free Pascal;
15. Libre Office;
16. SimInTech (студенческая версия);
17. ОС Linux;
18. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей);
19. Расчетный сервер НИУ МЭИ;
20. Электронная энциклопедия энергетики.

### **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](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. Информо - <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	Е-511, Аудитория кафедры	стол, стул, доска интерактивная,

проведения промежуточной аттестации	"Светотехника"	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 самостоятельной работы	Е-506, Компьютерный класс по курсам «Основы светотехники», «Естественное и искусственное освещение», «Компьютерная графика»	стол, стул, компьютер персональный, журналы
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 Измерение световых и энергетических величин (Тестирование)  
 КМ-7 Светотехнические измерения 1 (Лабораторная работа)  
 КМ-8 Светотехнические измерения 2 (Лабораторная работа)  
 КМ-9 Светотехнические измерения 3 (Лабораторная работа)  
 КМ-10 Светотехнические измерения 4 (Лабораторная работа)  
 КМ-11 Расчет корректирующих светофильтров фотометрической головки люксметра (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10	КМ -11
		Неделя КМ:	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	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					+						
5	Измерение интегральных величин											
5.1	Измерение световых величин							+	+	+	+	+
5.2	Измерение редуцированных (эффективных) величин ультрафиолетового излучения и энергетических величин							+	+	+	+	+
Вес КМ, %:		5	5	5	5	5	5	10	10	15	15	20

### 6 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-12 Светотехнические измерения 9 (Лабораторная работа)
- КМ-13 Светотехнические измерения 10 (Лабораторная работа)
- КМ-14 Светотехнические измерения 7 (Лабораторная работа)
- КМ-15 Спектральные измерения (Тестирование)
- КМ-16 Светотехнические измерения 5 (Лабораторная работа)
- КМ-17 Светотехнические измерения 6 (Лабораторная работа)
- КМ-18 Светотехнические измерения 8 (Лабораторная работа)
- КМ-19 Светотехнические измерения 11 (Лабораторная работа)
- КМ-20 Расчет характеристик спектрального прибора (Расчетно-графическая работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15	КМ-16	КМ-17	КМ-18	КМ-19	КМ-20
		Неделя	4	4	4	8	8	12	12	14	14

	КМ:									
1	Цветовые измерения									
1.1	Цветовые измерения	+	+							
2	Спектральные приборы									
2.1	Спектральные приборы			+		+	+			
3	Спектральные измерения									
3.1	Спектральные измерения				+			+		+
4	Измерение фотометрических характеристик материалов									
4.1	Рефлектометрия	+	+							
4.2	Рефрактометрия	+	+							
5	Меры, используемые в фотометрии и радиометрии									
5.1	Принципы построения эталонов в фотометрии и радиометрии								+	
5.2	Системы эталонов в области фотометрии и радиометрии								+	
Вес КМ, %:		10	10	10	5	10	10	10	10	25