

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
ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОСВЕЩЕНИЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 3; 7 семестр - 4; 8 семестр - 2; всего - 9
Часов (всего) по учебному плану:	324 часа
Лекции	6 семестр - 42 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 74 часа
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 12 часов; всего - 28 часа
Консультации	6 семестр - 2 часа; 7 семестр - 18 часов; всего - 20 часов
Самостоятельная работа	6 семестр - 63,5 часа; 7 семестр - 73,2 часа; 8 семестр - 31,7 часа; всего - 168,4 часа
в том числе на КП/КР	7 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	7 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа Домашнее задание Тестирование Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	7 семестр - 0,3 часа;
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;
	всего - 1,6 часа

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иликеева Р.А.
	Идентификатор	Rc64800f9-IlikeevaRA-38fa4d3e

Р.А. Иликеева


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

А.А. Григорьев

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Г.В. Боос

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение физических процессов, определяющих работу тепловых, газоразрядных источников оптического излучения и пускорегулирующих аппаратов; принципов работы источников оптического излучения, пускорегулирующих аппаратов и систем управления освещением; особенностей конструкций и основных электрических и светотехнических параметров

Задачи дисциплины

- изучение истории развития источников оптического излучения;
- изучение особенности конструкций и принципов действия тепловых и разрядных источников света, а также пускорегулирующих аппаратов и систем управления освещением;
- освоение методов расчета конструктивных, электрических и излучательных параметров ламп накаливания, включая галогенные лампы;
- изучение элементарных процессов в плазме низкого давления, включая процессы возбуждения и ионизации;
- изучение свойств газоразрядной плазмы низкого давления, ее электрических и оптических характеристик, включая особенности генерации и переноса излучения;
- освоение методов расчета электрических и излучательных характеристик плазмы низкого давления, используемой в источниках оптического излучения.

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-4 _{ПК-1} Проектирование и расчет составных частей светового прибора - источников излучения и пускорегулирующих аппаратов	знать: - общие сведения об оптическом излучении и о принципах его генерации; - общие сведения об элементарных процессах в газе/паре и ионизованных средах; - принципы работы и конструктивные параметры тепловых и газо-разрядных источников света; - законы движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях; - законы классической электродинамики (уравнения Максвелла); - механизмы ионизации с поверхностей твердых тел. уметь: - собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, аргументировать выбор технического решения, использовать достижения отечественной и зарубежной науки в проектировании, расчёте и производстве светотехнического оборудования; - пользоваться основными

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		светотехническими программами и языками программирования для решения светотехнических задач; - применять на практике теоретические положения метрологии, требования нормативных документов.
ПК-2 Способен осуществлять проектирование и дизайн осветительных установок различного назначения	ИД-3ПК-2 Разработка проекта электрической части и схемы управления инновационными осветительными установками	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие сведения о пускорегулирующих аппаратах и методы электротехнического расчета ПР; - общие сведения о системах управления освещением, принципах их построения и методах их проектирования; - схемы включения различных источников излучения; - основы теории электрических цепей. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, аргументировать выбор технического решения, использовать достижения отечественной и зарубежной науки в проектировании схем и систем управления освещением; - рассчитывать линейные электрические цепи.

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 Знать основные законы следующих дисциплин: «Физика», «Основы теории электротехнических цепей», «Основы светотехники», «Схемотехника» и «Цифровая схемотехника».

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 9 зачетных единиц, 324 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	Генерация оптического излучения. Классификация источников оптического излучения (ИОИ)	10	6	6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 6-8, 13-18	
1.1	Общие сведения об источниках оптического излучения	10		6	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
2	Тепловые источники излучения. Параметры нити накала и спирали в вакууме и в инертном газе. Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН); срок службы ламп	20		12	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 32-52, 63-85, 91-98 [8], 20-29
2.1	Тепловые источники оптического излучения	10		6	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН)	10		6	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Методы расчета тела	10		6	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

	накала и колб ЛН и ГЛН												Студентам необходимо выполнить расчетное задание "Методы расчета ламп накаливания и галогенных ламп". В рамках расчетного задания необходимо произвести расчет лампы по следующим исходным данным: мощность, напряжение сети, срок службы, тип лампы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 107-117
3.1	Методы расчета тел накала и колб ЛН и ГЛН	10		6	-	-	-	-	-	-	4	-	
4	Элементарные процессы в плазме НД. Перенос излучения в плазме НД. Переизлучение и вторичные процессы в плазме НД. Свойства плазмы НД; основные уравнения положительного столба плазмы НД	32		18	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 28-42, 51-93
4.1	Элементарные процессы и основные свойства плазмы низкого давления.	10		6	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.2	Излучательные процессы в плазме низкого давления	10		6	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.3	Основные свойства и уравнения ПС плазмы НД	12		6	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	108.0		42	-	-	-	2	-	-	0.5	30	33.5
	Итого за семестр	108.0		42	-	-	2	-	-	0.5	63.5		
5	Люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления: принцип работы и основные процессы в плазме.	18	7	6	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Подготовка к выполнению лабораторной работы №1 "Исследование электрических и светотехнических параметров трубчатых

	Характеристики и параметры современных ЛЛ и КЛЛ												люминесцентных ламп типа ЛЛ и КЛЛ" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 348-360, 367-375, 379-392, 348-360, 367-375, 379-392
5.1	Люминесцентные лампы низкого давления	12	4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
5.2	Характеристики и светотехнические параметры ЛЛ и КЛЛ	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
6	Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Подготовка к выполнению лабораторной работы №2 "Исследование разгорания ртутной лампы типа ДРЛ и влияния колебаний напряжения внешней цепи на ее электрические и световые характеристики"
6.1	Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка курсовой работы:</u> Согласно графику выполнения курсовой работы студентам необходимо выполнить работу на одну из предложенных тематик: 1. Разработка конструкции и расчет характеристик люминесцентной лампы низкого давления. 2. Разработка конструкции и расчет характеристик ртутной лампы высокого давления типа ДРЛ <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 379-392
7	Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы	10	4	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 37-57 [7], 5-10
7.1	Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы	10	4	4	-	-	-	-	-	-	2	-	
8	Плазма высокого давления: основные	38	18	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Подготовка к

	процессы и уравнения их описывающие. Ртутные лампы высокого давления: типы, конструкции и параметры. Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления: принцип работы. Типы МГЛ, их светотехнические характеристики. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД): принцип работы и основные процессы в дуге и на электродах. Основные типы НЛВД и их параметры												выполнению лабораторной работы №3 "Исследование светотехнических характеристик МГЛ и влияния на них колебаний напряжения сети МГЛ". Подготовка к выполнению лабораторной работы №4 "Исследование разгорания НЛВД и влияния колебаний напряжения сети на «быструю» и «медленную» ВАХ лампы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 94-103, 124-129?, 467-483, 503-518, 522-542, 583-587, 598-603, 609-637, 661-674
8.1	Плазма высокого давления	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.2	Ртутные лампы высокого давления	10	4	4	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.3	Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.4	Типы МГЛ; их светотехнические характеристики	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.5	Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	8	2	4	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.6	Основные типы НЛВД и их параметры	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	Всего за семестр	144.0	32	16	-	16	2	4	-	0.8	39.7	33.5	

	Итого за семестр	144.0		32	16	-	18	4	0.8	73.2				
9	Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения	8	8	-	-	4	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 105-107 [6], 1-19	
9.1	Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения	8		-	-	4	-	-	-	-	4	-		
10	Источник света как элемент электрического контура. Схемы включения различных источников излучения	28		-	4	12	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Подготовка к выполнению лабораторных работ № 6 "Исследования работы КЛЛ с различными типами" и № 7 "Исследования работы МГЛ с различными типами ПРА". Изучение стр. 68-73, 76-111, 220 Литвинов В.С. Тепловые источники оптического излучения. Учебное пособие – М.: Изд. МЭИ. 1998.132 с. Подготовка к выполнению лабораторных работ № 8 "Исследования работы натриевых ламп высокого давления с различными типами ПРА" и № 9 "Исследование схем включения светоизлучающих диодов и модулей" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 63-73, 67-111, 220 [6], 19-30	
10.1	Источник света как элемент электрического контура	12		-	-	6	-	-	-	-	6	-		
10.2	Схемы включения различных источников излучения	16		-	4	6	-	-	-	-	6	-		
11	Методы электротехнического расчета ПРА	19.7		-	4	6	-	-	-	-	9.7	-		<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Студентам предлагается выполнить расчетное задание на тему "Расчёт схем включения источников оптического излучения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], 15-18
11.1	Методы электротехнического расчета ПРА	19.7		-	4	6	-	-	-	-	9.7	-		
12	Системы управления	16	-	4	6	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных</u>		

	освещением												источников:
12.1	Системы управления освещением	16	-	4	6	-	-	-	-	-	6	-	[1], 7-39 [2], 208-287
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	-	12	28	-	-	-	-	0.3	31.7	-	
	Итого за семестр	72.0	-	12	28	-	-	-	-	0.3	31.7	-	
	ИТОГО	324.0	-	74	28	28	20	4	1.6	168.4			

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. Генерация оптического излучения. Классификация источников оптического излучения (ИОИ)

1.1. Общие сведения об источниках оптического излучения

Механизмы генерации света оптического излучения. Классификация источников оптического излучения. Основные термины, понятия и определения. Типы спектров. Параметры источников оптического излучения.

2. Тепловые источники излучения. Параметры нити накала и спирали в вакууме и в инертном газе. Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН); срок службы ламп

2.1. Тепловые источники оптического излучения

Вольфрам, как материал для тел накала. Основные узлы и конструктивные элементы ламп накаливания. Моно- и биспиральные тела накала, их конструктивные параметры. Работа тела накала в среде инертного газа.

2.2. Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН)

Физические процессы, определяющие срок службы ламп накаливания. Классификация ламп накаливания. Галогенные и зеркальные лампы накаливания: особенности конструкций и параметры.

3. Методы расчета тела накала и колб ЛН и ГЛН

3.1. Методы расчета тел накала и колб ЛН и ГЛН

Выбор сорта и давления инертного газа; баланс мощности; расчет толщины застойного слоя. Метод Рохлина. Расчет диаметра колбы/трубки в ЛН и ГЛН.

4. Элементарные процессы в плазме НД. Перенос излучения в плазме НД. Переизлучение и вторичные процессы в плазме НД. Свойства плазмы НД; основные уравнения положительного столба плазмы НД

4.1. Элементарные процессы и основные свойства плазмы низкого давления.

Упругие и неупругие соударения электронов с атомами рабочей смеси. Понятие о сечении соударения электрона с атомом и его зависимость от скорости электрона. Удары 1-го и 2-го рода. Ступенчатое возбуждение атомов. Прямая и ступенчатая ионизация. Функция распределения электронов по энергиям. Понятия о квазинейтральности плазмы, локальном ионизационном равновесии, изотермичности и равновесности плазмы.

4.2. Излучательные процессы в плазме низкого давления

Перенос излучения в плазме. Самопоглощение и пленение излучения. Местная эффективная вероятность спонтанного излучения. Спектры ртутной и натриевой плазмы низкого давления. Потоки излучения резонансных линий 185 и 254 нм атомов ртути и их зависимость от температуры холодной точки и давления смеси инертных газов. Ртутные амальгамы. Влияние давления газа/пара на форму и ширину спектральной линии.

4.3. Основные свойства и уравнения ПС плазмы НД

Плазма низкого и высокого давления. Понятия о квазинейтральности плазмы, локальном ионизационном равновесии, изотермичности и равновесности плазмы. Баланс мощности

плазмы. Уравнения баланса возбужденных и заряженных частиц. Диаграмма Клярфельда. Амбиполярная диффузия и радиальное распределение плотности плазмы и радиального электрического поля.

5. Люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления: принцип работы и основные процессы в плазме. Характеристики и параметры современных ЛЛ и КЛЛ

5.1. Люминесцентные лампы низкого давления

Принцип работы люминесцентных ламп (ЛЛ) низкого давления в парах ртути. Люминофоры: галофосфатные и узкополосные. Особенности конструкции разрядных трубок ЛЛ. Процессы в приэлектродных областях тлеющих и дуговых разрядов низкого давления. Спектры и цветовые характеристики ЛЛ. Световой поток и световая отдача положительного столба ЛЛ и их зависимости от конструктивных параметров разрядной трубки и от разрядного тока.

5.2. Характеристики и светотехнические параметры ЛЛ и КЛЛ

Энергоэкономичные ЛЛ и их отличие от стандартных ЛЛ. Особенности конструкций компактных люминесцентных ламп (КЛЛ). Световой поток и световая отдача КЛЛ и влияние на них температуры окружающей среды и положения лампы. Влияние частоты разрядного тока на световую отдачу ЛЛ и КЛЛ.

6. Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ

6.1. Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ

Последовательность расчета. Выбор диаметра трубки и инертного газа. Расчет градиента потенциала и удельных потоков излучения резонансных линий. Выбор люминофора и расчет световых потоков лампы. Расчет температуры холодной точки и выбор диаметра трубки.

7. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы

7.1. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы

Физические основы индукционных разрядов. Основные элементы конструкции индукционных ламп. Влияние используемых материалов, давления рабочей смеси и условий питания лампы на к.п.д. высокочастотного (ВЧ) индуктора и световую отдачу плазменно-го шнура. Основные типы индукционных ламп: особенности конструкций, электрические и световые характеристики.

8. Плазма высокого давления: основные процессы и уравнения их описывающие. Ртутные лампы высокого давления: типы, конструкции и параметры. Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления: принцип работы. Типы МГЛ, их светотехнические характеристики. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД): принцип работы и основные процессы в дуге и на электродах. Основные типы НЛВД и их параметры

8.1. Плазма высокого давления

Основы физики плазмы высокого давления (ВД). Уравнения Саха-Эггерта. Структура дуги и спектр плазмы ВД. Баланс мощности лампы ВД. Влияние давления паров ртути и удельной мощности на интенсивности излучения УФ и видимых линий спектра лампы.

8.2. Ртутные лампы высокого давления

Ртутные лампы типа ДРТ: конструкции, спектр, световая отдача. Ртутные лампы сверхвысокого давления типа ДРШ: конструкции, баланс мощности и светотехнические

характеристики. Лампы типа ДРЛ: конструкции, принцип работы, спектр и разгорание лампы. Люминофоры, применяемые в лампах ДРЛ. Метод расчета и выбор параметров элементов конструкции ламп типа ДРЛ.

8.3. Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления

Принцип работы, замкнутый химический цикл, роль галогенидов металлов и паров ртути. Особенности конструкции горелок, внешней колбы и электродов. Баланс мощности в МГЛ. Нестабильность дуги разряда, расслоение излучающих добавок и продольная неоднородность цветности дуги в вертикальном положении лампы.

8.4. Типы МГЛ; их светотехнические характеристики

Зажигание и перезажигание дугового разряда в МГЛ. МГЛ для общего освещения: конструкции, спектры и электрические и светотехнические параметры. Конструкции и характеристики короткодуговых и маломощных МГЛ. МГЛ с иодидами самария, селена и цезия.

8.5. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)

Принцип действия и основные узлы НЛВД. Спектр лампы, световые и цветовые характеристики плазмы разряда и влияние на них давлений паров натрия и ртути. Внешняя колба и тепловой режим горелки. Влияние состава и температуры амальгамы на давление паров ртути и натрия в горелке. Основные характеристики плазмы натриевого разряда высокого давления.

8.6. Основные типы НЛВД и их параметры

Типы натриевых ламп ВД (ДНаТ), их конструктивные особенности и электрические и световые параметры. Схемы включения и зажигания ДНаТ. НЛВД с повышенными значениями общего индекса цветопередачи и цветовой температуры. НЛВД с горелками из монокристаллического оксида алюминия (МОА). Маломощные НЛВД с улучшенной цветопередачей.

9. Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения

9.1. Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения

Назначение пускорегулирующих аппаратов (ПРА) в установках с искусственными источниками света. Взаимосвязь параметров и характеристик лампы и ПРА. Оптимизация параметров ПРА по экономическим показателям. Комплекты “лампа - ПРА” в осветительных и облучательных установках. Определение ПРА для разрядных ламп. Основные и дополнительные функции ПРА. Блок-схема комплекта “лампа-ПРА”. Классификация схем включения разрядных ламп. Пусковые, рабочие и эксплуатационные параметры, характеризующие ПРА. Измерение параметров ПРА, дроссели образцовые измерительные. Условные обозначения ти-пов ПРА.

10. Источник света как элемент электрического контура. Схемы включения различных источников излучения

10.1. Источник света как элемент электрического контура

Статические и динамические вольт-амперные характеристики ГРЛ и их зависимость от различных факторов. Статическое, дифференциальное статическое и динамическое сопротивление ГРЛ. Аппроксимация статических и динамических вольт-амперных

характеристик ГРЛ. Принципы электротехнического расчета контуров с ГРЛ, использующие различные способы аппроксимации.

10.2. Схемы включения различных источников излучения

Схемы зажигания ламп с холодными электродами напряжением холостого хода, не имеющим импульсной формы. Схемы зажигания разрядных ламп с предварительным подогревом электродов напряжением холостого хода, не имеющим импульсной формы. Схемы зажигания ламп импульсом напряжения. Схемы, обеспечивающие работу ламп в импульсном режиме. Схемы включения ламп на постоянном токе, переменном токе повышенной частоты.

11. Методы электротехнического расчета ПРА

11.1. Методы электротехнического расчета ПРА

Методы электротехнического расчета ПРА, их преимущества, недостатки, области применения.

12. Системы управления освещением

12.1. Системы управления освещением

Энергосбережение в осветительных установках. Способы уменьшения энергопотребления в ОУ. Назначение систем управления осветительными установками. Функции систем управления. Принципы их построения. Алгоритмы работы систем управления освещением.

3.3. Темы практических занятий

1. Принципы электротехнического расчета многоэлементных схем;
2. Плазма высокого давления;
3. Драйверы источников света со светоизлучающими диодами;
4. Методы расчета тел накала и колб ЛН и ГЛН;
5. Элементарные процессы и основные свойства плазмы низкого давления;
6. Излучательные процессы в плазме низкого давления;
7. Основные свойства и уравнения ПС плазмы НД;
8. Люминесцентные лампы низкого давления;
9. Дифференциальная аппроксимация. Математические модели ГРЛ и способы их использования при расчетах схем на ЭВМ. Принцип Штрауха, различные формы аппроксимации и способы математического описания вольт-секундных характеристик ГРЛ;
10. . Статические и динамические вольт-амперные характеристики ГРЛ и их зависимость от различных факторов. Статистическое, дифференциальное статическое и динамическое сопротивление ГРЛ. Аппроксимация статических и динамических вольт-амперных характеристик ГРЛ. Принципы электротехнического расчета контуров с ГРЛ, использующие различные способы аппроксимации;
11. Ртутные лампы высокого давления;
12. Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления;
13. Типы МГЛ; их светотехнические характеристики;
14. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД);
15. Основные типы НЛВД и их параметры;
16. Определение параметров, характеризующих ВАХ ИОИ;
17. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы;
18. Схемы зажигания ламп с холодными электродами напряжением холостого хода, не

- имеющим импульсной формы - схемы мгновенного зажигания. Основные группы ПРА по конструктивным признакам. Простейшие схемы;
19. Функции, выполняемые элементами принципиальной схемы включения;
 20. Определение коэффициента запаса в осветительных установках внутреннего освещения;
 21. Тепловые источники оптического излучения;
 22. Общие сведения об источниках оптического излучения;
 23. Схемы с использованием резонансных явлений для увеличения напряжения холостого хода. Схемы с автотрансформаторами и трансформаторами с большим внутренним сопротивлением. Комбинированные схемы;
 24. Схемы зажигания разрядных ламп с предварительным подогревом электродов напряжением холостого хода, не имеющим импульсной формы - схемы быстрого зажигания;
 25. Схемы зажигания ламп импульсом напряжения. Стартерные схемы включения. Схемы импульсных зажигающих устройств для натриевых, металлогалогенных и ксеноно-вых ламп. Схемы, обеспечивающие работу ламп в импульсном режиме. Схемы включения ламп на постоянном токе, переменном токе повышенной частоты;
 26. Принципы выбора типа схем для различных ГРЛ. Тенденции совершенствования ПРА. Полупроводниковые балласты для ГРЛ. Схемы с групповыми балластами. Трехфазные схемы включения ГРЛ. Способы регулирования светового потока ламп и схемы для их реализации. Драйверы для светоизлучающих диодов;
 27. Методы электротехнического расчета ПРА, их преимущества, недостатки, области применения;
 28. Основные соотношения для контура “разрядная лампа - индуктивный балласт”. Влияние потерь в балласте на характеристики лампы и контура;
 29. Характеристики и светотехнические параметры ЛЛ и КЛЛ;
 30. Основные соотношения для контура “разрядная лампа – емкостно-индуктивный балласт”. Влияние соотношений емкостной и индуктивной составляющих сопротивления балласта на характеристики лампы и контура в целом;
 31. Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН);
 32. Влияние элементов, подключенных параллельно лампе на её характеристики;
 33. Выбор наиболее целесообразных схем включения люминесцентных с подогревными электродами;
 34. Выбор наиболее целесообразных схем включения ртутных ламп и МГЛ;
 35. Выбор наиболее целесообразных схем включения натриевых ламп;
 36. Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ;
 37. Влияние потерь в балласте в балласте, соотношений емкостной и индуктивной составляющих сопротивления балласта на характеристики лампы и контура в целом;
 38. Энергосбережение в осветительных установках. Способы уменьшения энергопотребления в ОУ. Назначение систем управления осветительными установками. Функции систем управления. Принципы их построения. Алгоритмы работы систем управления. Сов-местная работа систем управления освещением с системами управления микроклиматом, вентиляцией, отоплением, охранной и пожарной сигнализацией. Обзор существующих комплектов для построения систем управления, их достоинства и недостатки.;
 39. Условия устойчивой работы ГРЛ в контуре. Преимущества и недостатки различных типов балластов. Влияние элементов, включенных параллельно ГРЛ, на ее характеристики.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование работы натриевых ламп высокого давления с различными типами ПРА;
2. Исследование разгорания ртутной лампы типа ДРЛ и влияния колебаний напряжения внешней цепи на ее электрические и световые характеристики;
3. Исследование светотехнических характеристик МГЛ и влияния на них колебаний напряжения сети МГЛ;
4. Исследование разгорания НЛВД и влияния колебаний напряжения сети на «быструю» и «медленную» ВАХ лампы;
5. Исследование гармонического состава тока потребления импульсных источников питания для светодиодов;
6. Исследование работы МГЛ с балластным ПРА;
7. Исследование работы ДРЛ с балластным ПРА.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий и особенности изучаемых инженерных систем.

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по курсовой работе, выполняемой по одной из предложенных тематик: 1.Разработка конструкции и расчет характеристик люминесцентной лампы низкого давления. 2.Разработка конструкции и расчет характеристик ртутной лампы высокого давления типа ДРЛ

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка конструкции и расчет характеристик люминесцентной лампы низкого давления.
- Разработка конструкции и расчет характеристик ртутной лампы высокого давления типа ДРЛ.

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 10	11 - 14	15 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4, 5, 6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	30	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями и исходными данными. Расчет допущений и ограничений вариантов ламп
2	Расчет электрических параметров и выполнение предварительного

	отбора вариантов ламп
3	Расчет светового потока и световой отдачи ламп. Выбор оптимального варианта
4	Расчет теплового режима колбы для трех ламп с наиболее высокими световыми отдачами
5	Выбор типа и конструкции электродов
6	Выполнение эскиза лампы

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	11	12	
Знать:														
механизмы ионизации с поверхностей твердых тел	ИД-4ПК-1				+									Контрольная работа/Элементарные процессы. Модель положительного столба низкого давления
законы классической электродинамики (уравнения Максвелла)	ИД-4ПК-1								+					Контрольная работа/Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы
законы движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	ИД-4ПК-1				+									Контрольная работа/Элементарные процессы. Модель положительного столба низкого давления
принципы работы и конструктивные параметры тепловых и газо-разрядных источников света	ИД-4ПК-1								+					Контрольная работа/Параметры разряда высокого давления
общие сведения об элементарных процессах в газе/паре и ионизованных средах	ИД-4ПК-1					+								Контрольная работа/Разрядные источники оптического излучения низкого давления. Люминесцентные лампы
общие сведения об оптическом излучении и о принципах его генерации	ИД-4ПК-1	+	+											Контрольная работа/Классификация источников оптического излучения, их особенности Контрольная работа/Тепловое излучение. Параметры тела накала
основы теории электрических цепей	ИД-3ПК-2									+				Тестирование/Параметры и

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Классификация источников оптического излучения, их особенности (Контрольная работа)
2. Тепловое излучение. Параметры тела накала (Контрольная работа)
3. Элементарные процессы. Модель положительного столба низкого давления (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Методы расчета ламп накаливания и галогенных ламп (Расчетно-графическая работа)

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы (Контрольная работа)
2. Параметры разряда высокого давления (Контрольная работа)
3. Разрядные источники оптического излучения низкого давления. Люминесцентные лампы (Контрольная работа)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Разработка конструкции и расчет характеристик ртутной разрядной лампы (Домашнее задание)

8 семестр

Форма реализации:

1. Исследование гармонического состава тока потребления импульсных источников питания для светодиодов (Лабораторная работа)
2. Исследование работы газоразрядных ламп высокого давления с различными видами ПРА (Лабораторная работа)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Параметры и функции ПРА (Тестирование)
2. Схемы включения различных источников излучения (Тестирование)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Расчёт схем включения источников оптического излучения (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основе семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

Оценка выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основе семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №7)

Оценка выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основе семестровой и аттестационной составляющих.

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Оценка выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основе семестровой и аттестационной составляющих.

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. Энергоэффективное электрическое освещение : учебное пособие для вузов по специальности 140211 "Электроснабжение" направления 140200 "Электроэнергетика" / С. М. Гвоздев, Д. И. Панфилов, В. Д. Поляков, [и др.] ; ред. Л. П. Варфоломеев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2013 . – 288 с. - ISBN 978-5-383-00840-9 .;
2. Справочная книга по светотехнике / Ред. Ю. Б. Айзенберг . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : [б. и.], 2008 . – 952 с. - ISBN 5-87789-051-4 .;
3. Литвинов, В. С. Тепловые источники оптического излучения(расчет и оптимизация параметров) : Учебное пособие по курсам "Источники оптического излучения", "Расчет и конструирование источников света" / В. С. Литвинов ; Ред. И. М. Понизовская ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1998 . – 132 с. - ISBN 5-7046-0255-X : 7.00 .;
4. Рохлин, Г. Н. Газоразрядные источники света / Г. Н. Рохлин . – М.-Л. : Энергия, 1966 . – 560 с.;
5. Попов, О. А. Расчет индукционных источников света : учебное пособие по курсам "Источники оптического излучения", "Расчет и конструирование источников света" и др. по направлению "Электроника и микроэлектроника" / О. А. Попов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 64 с. - ISBN 978-5-7046-1689-4 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8160>;
6. Краснополяский, А. Е. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп / А. Е. Краснополяский, В. Б. Соколов, А. М. Троицкий ; Общ. ред. А. Е. Краснополяский . – М. : Энергоатомиздат, 1988 . – 208 с. - ISBN 5-283-00511-9 .;
7. Попов, О. А. Индукционные источники света : учебное пособие по курсам "Источники оптического излучения", "Расчет и конструирование источников света" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / О. А. Попов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 64 с. - ISBN 978-5-383-00495-1 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1969>;
8. Соколовский Э. И.- "Светотехника. Электрические источники света", Издательство: "РГРТУ", Рязань, 2013 - (136 с.)
<https://e.lanbook.com/book/168036>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;

3. Libre Office;
4. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
11. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
12. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-511, Учебная аудитория каф. "Светотехники"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-511, Учебная аудитория каф. "Светотехники"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-512, Учебная аудитория каф. "Светотехники"	стол, стул
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-511, Учебная аудитория каф. "Светотехники"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Помещения для самостоятельной работы	Е-508, Студенческий коворкинг каф. "Светотехники"	стол, стул, книги, учебники, пособия
Помещения для консультирования	Е-511, Учебная аудитория каф. "Светотехники"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-628, Прочее каф. "Светотех."	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Источники оптического излучения, пускорегулирующие аппараты и системы управления освещением

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Классификация источников оптического излучения, их особенности (Контрольная работа)
- КМ-2 Тепловое излучение. Параметры тела накала (Контрольная работа)
- КМ-3 Элементарные процессы. Модель положительного столба низкого давления (Контрольная работа)
- КМ-4 Методы расчета ламп накаливания и галогенных ламп (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Генерация оптического излучения. Классификация источников оптического излучения (ИОИ)					
1.1	Общие сведения об источниках оптического излучения		+	+		
2	Тепловые источники излучения. Параметры нити накала и спирали в вакууме и в инертном газе. Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН); срок службы ламп					
2.1	Тепловые источники оптического излучения		+	+		
2.2	Лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН)		+	+		
3	Методы расчета тела накала и колб ЛН и ГЛН					
3.1	Методы расчета тел накала и колб ЛН и ГЛН					+
4	Элементарные процессы в плазме НД. Перенос излучения в плазме НД. Переизлучение и вторичные процессы в плазме НД. Свойства плазмы НД; основные уравнения положительного столба плазмы НД					
4.1	Элементарные процессы и основные свойства плазмы низкого давления.				+	
4.2	Излучательные процессы в плазме низкого давления				+	
4.3	Основные свойства и уравнения ПС плазмы НД				+	
Вес КМ, %:			15	20	20	45

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Разрядные источники оптического излучения низкого давления. Люминесцентные лампы (Контрольная работа)
- КМ-6 Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы (Контрольная работа)
- КМ-7 Параметры разряда высокого давления (Контрольная работа)
- КМ-8 Разработка конструкции и расчет характеристик ртутной разрядной лампы (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	15	16
1	Люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления: принцип работы и основные процессы в плазме. Характеристики и параметры современных ЛЛ и КЛЛ					
1.1	Люминесцентные лампы низкого давления		+			
1.2	Характеристики и светотехнические параметры ЛЛ и КЛЛ		+			
2	Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ					
2.1	Расчет конструктивных параметров и световых характеристик ЛЛ					+
3	Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы					
3.1	Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы			+		
4	Плазма высокого давления: основные процессы и уравнения их описывающие. Ртутные лампы высокого давления: типы, конструкции и параметры. Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления: принцип работы. Типы МГЛ, их светотехнические характеристики. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД): принцип работы и основные процессы в дуге и на электродах. Основные типы НЛВД и их параметры					
4.1	Плазма высокого давления				+	
4.2	Ртутные лампы высокого давления				+	
4.3	Металлогалогенные лампы (МГЛ) высокого давления				+	
4.4	Типы МГЛ; их светотехнические характеристики				+	
4.5	Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)				+	
4.6	Основные типы НЛВД и их параметры				+	

Вес КМ, %:	20	20	20	40
------------	----	----	----	----

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-9 Параметры и функции ПРА (Тестирование)
- КМ-10 Схемы включения различных источников излучения (Тестирование)
- КМ-11 Исследование работы газоразрядных ламп высокого давления с различными видами ПРА (Лабораторная работа)
- КМ-12 Исследование гармонического состава тока потребления импульсных источников питания для светодиодов (Лабораторная работа)
- КМ-13 Расчёт схем включения источников оптического излучения (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13
		Неделя КМ:	4	8	12	13	14
1	Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения						
1.1	Общие сведения о пускорегулирующих аппаратах. Термины, понятия и определения		+				
2	Источник света как элемент электрического контура. Схемы включения различных источников излучения						
2.1	Источник света как элемент электрического контура			+			
2.2	Схемы включения различных источников излучения			+			
3	Методы электротехнического расчета ПРА						
3.1	Методы электротехнического расчета ПРА				+	+	+
4	Системы управления освещением						
4.1	Системы управления освещением				+	+	+
Вес КМ, %:			15	15	20	20	30

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Источники оптического излучения, пускорегулирующие аппараты и системы
управления освещением

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 КМ-1
КМ-2 КМ-2
КМ-3 КМ-3
КМ-4 КМ-4

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	10	14	16
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями и исходными данными. Расчет допущений и ограничений вариантов ламп		+			
2	Расчет электрических параметров и выполнение предварительного отбора вариантов ламп			+		
3	Расчет светового потока и световой отдачи ламп. Выбор оптимального варианта				+	
4	Расчет теплового режима колбы для трех ламп с наиболее высокими световыми отдачами					+
5	Выбор типа и конструкции электродов					+
6	Выполнение эскиза лампы					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30