

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПЛАЗМЕННЫЕ, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ И ЛАЗЕРНЫЕ
УСТАНОВКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербаков А.В.
	Идентификатор	Raf18b6c8-ShcherbakovAV-abf82f1

(подпись)

А.В. Щербаков

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федин М.А.
	Идентификатор	R3e9797a9-FedinMA-34f385d8

(подпись)

М.А. Федин

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении принципов построения, работы и промышленного применения плазменных, электронно-лучевых и лазерных установок (ПЛУ)

Задачи дисциплины

- приобретение знаний в области современных плазменных и лучевых процессов в электротехнологии;
- освоение физических принципов генерации концентрированных потоков энергии, тлеющего разряда пониженного давления и других видов плазмы, применяемых в современном производстве и научных исследованиях;
- освоение принципов управления плазменными и лучевыми процессами и соответствующих технических решений, реализуемых в современном оборудовании;
- освоение элементной базы и принципов построения современных плазменных и лучевых технологических комплексов;
- приобретение навыков выбора и проектирования элементов плазменного и лучевого технологического оборудования.

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 проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических установках и системах различных видов	знать: - основы электронной оптики и методы генерации пучков электронов в электронно-лучевых установках.
ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует умение проводить научные исследования электротехнологических установок различных видов	знать: - принципы работы электронных пушек и электрооборудования электронно-лучевых установок.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	знать: - классификацию и принципы работы технологических плазмотронов.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений	знать: - физические основы ионно-плазменных технологий обработки материалов и конструкцию установок различного типа для нанесения покрытий и распыления материалов в вакууме.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
области электротехнологических установок и систем		
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем	ИД-3 _{ПК-2} Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов	знать: - классификацию, принципы работы и области применения современных технологических лазеров.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем	ИД-4 _{ПК-2} Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений	уметь: - применять полученные знания для расчета и выбора элементов плазменных, электронно-лучевых и лазерных установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 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 электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках	16	2	6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Студент повторяет материалы лекций и изучает литературу в соответствии с методическими указаниями. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.36-69</p>
1.1	Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках	16		6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	
2	Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.	16		6	-	6	-	-	-	-	-	4	-	
2.1	Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип	16	6	-	6	-	-	-	-	-	4	-		

	действия. Электрооборудование и системы управления.													
3	Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Студент повторяет материалы лекций и изучает литературу в соответствии с методическими указаниями. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр.244-312</p>	
3.1	Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
4	Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно- дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.	18	6	-	6	-	-	-	-	-	6	-		
4.1	Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно- дуговые испарители и	18	6	-	6	-	-	-	-	-	6	-		

	установки молекулярно-лучевой эпитаксии.												
5	Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования	30	6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Студент повторяет материалы лекций и изучает литературу в соответствии с методическими указаниями, а также выполняет расчетное задание и готовится к его защите с использованием тех же материалов.
5.1	Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования	30	6	-	6	-	-	-	-	-	18	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 80-94, 136-204
6	Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Студент повторяет материалы лекций и изучает литературу в соответствии с методическими указаниями.
6.1	Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 139-153, 170-177, 188-193
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	32		2		-	0.5		77.5	

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 электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках

1.1. Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках

Основы физики пучков заряженных частиц. Эмиссионная электроника. Способы получения свободных электронов. Вакуумный диод. Электронная оптика. Ускорение и фокусировка электронных пучков. Электронные линзы. Иммерсионный объектив и вакуумный триод. Действие объемного заряда в мощных пучках и абберации электронно-оптических систем. Фокусирующие и отклоняющие системы. Основные типы генераторов электронных пучков. Методы расчета характеристик электронных пучков..

2. Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.

2.1. Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.

Взаимодействие электронного пучка с материалами. Электронно-лучевые установки для плавки, сварки и испарения материалов. Конструкции электронных пушек и особенности их эксплуатации. Катодный узел, лучепровод, магнитная линза, отклоняющие и юстирующие катушки. Пробой в технологических электронных пушках. Источники питания и системы управления. Системы вакуумной откачки..

3. Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.

3.1. Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.

Характеристики плазмы: плотность и температура. Применение плазмы в технологии. Области применения и классификация дуговых плазмотронов. Плазмотроны с «короткой», «длинной» и самоустанавливающейся дугой. Особенности конструкции и вольтамперная характеристика. Плазмотрон как термодинамическое сопло. Плазменно-дуговые печи. Плазмотроны для сварки, резки и нанесения покрытий. Высокочастотные плазмотроны индукционного и емкостного типа..

4. Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.

4.1. Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.

Классификация и области применения. Применение плазмы тлеющего разряда и потоков ионов в технологических целях. Распыление и травление материалов, плазмохимия и ионная имплантация. Применение ионных пучков большого диаметра и сфокусированных ионных лучей. Установки катодного распыления. Магнетронные технологические установки для нанесения покрытий. Автономные ионные источники: классификация и характеристики. Вакуумно-дуговые испарители и установки для реализации комбинированных процессов. Установки молекулярно-лучевой эпитаксии. Конструкции ионно-плазменных

технологических установок. Источники питания и системы управления. Системы вакуумной откачки и подачи технологических газов..

5. Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования

5.1. Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования

Методы расчета катодных узлов электронных пушек. Численный расчет формирования мощных электронных пучков. Расчет магнитной линзы. Расчет скорости распыления материалов ионным пучком. Принципы расчета вакуумных систем..

6. Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.

6.1. Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.

Лазерная обработка материалов. Основы технологии лазерной резки и сварки. Классификация промышленных и технологических лазеров. Принципы генерации когерентного оптического излучения. Твердотельные, газовые и волоконные лазеры. Спектральные и энергетические характеристики промышленных лазеров..

3.3. Темы практических занятий

1. Применение теории подобия для расчета плазмотронов (2 часа).;
2. Газовые и волоконные технологические лазеры: принцип действия и особенности конструкции систем фокусировки и отклонения (2 часа).;
3. Твердотельные технологические лазеры: конструкция, принцип работы и области применения (2 часа);
4. Применение ионно-плазменных технологий для производства изделий микроэлектроники, фотоэлектроники и MEMS-компонентов (2 часа);
5. Установки магнетронного распыления и ионно-лучевые установки (2 часа).;
6. Установки катодного и ВЧ-катодного распыления (2 часа).;
7. Источники питания электронных пушек (2 часа).;
8. Основы физики пучков заряженных частиц. Эмиссионная электроника (2 часа);
9. Электронная пушка: основные элементы конструкции и особенности вакуумных систем (2 часа);
10. Методы моделирования процессов взаимодействия электронных пучков с материалами (2 часа);
11. Электронные линзы и методы расчета характеристик электронных пучков (2 часа);
12. Вакуумный диод. Электронная оптика. Ускорение и фокусировка электронных пучков. (2 часа).;
13. Дуговые плазмотроны аксиального типа в технологии (2 часа).;
14. Методы расчета скорости ионно-лучевого распыления материалов и методы проектирования испарителей (2 часа).;
15. Методы расчета вакуумных систем электронно-лучевых и ионно-плазменных технологических установок (2 часа).;
16. Методы расчета элементов электронно-лучевого технологического оборудования (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

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	
Знать:								
основы электронной оптики и методы генерации пучков электронов в электронно-лучевых установках	ИД-1ПК-1	+						Тестирование/Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков
принципы работы электронных пушек и электрооборудования электронно-лучевых установок	ИД-2ПК-1		+					Тестирование/Электронно-лучевые установки
классификацию и принципы работы технологических плазмотронов	ИД-1ПК-2			+				Тестирование/Дуговые плазмотроны и плазменные технологии
физические основы ионно-плазменных технологий обработки материалов и конструкцию установок различного типа для нанесения покрытий и расплыления материалов в вакууме	ИД-2ПК-2				+			Тестирование/Ионно-плазменные процессы и установки
классификацию, принципы работы и области применения современных технологических лазеров	ИД-3ПК-2						+	Тестирование/Лазерные технологические установки
Уметь:								
применять полученные знания для расчета и выбора элементов плазменных, электронно-лучевых и лазерных установок	ИД-4ПК-2					+		Решение задач/Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Дуговые плазмотроны и плазменные технологии (Тестирование)
2. Ионно-плазменные процессы и установки (Тестирование)
3. Лазерные технологические установки (Тестирование)
4. Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков (Тестирование)
5. Электронно-лучевые установки (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Оборудование электронно-лучевых комплексов для производства продукции современной энергетики : учебное пособие по курсам "Технология обработки материалов КПЭ", "Оборудование и технологии сварки плавлением" и др. / А. В. Щербаков, и др. – М. : Вече, 2016 . – 208 с. - ISBN 978-5-4444-5479-4 .;
2. Борейшо А. С., Борейшо В. А., Евдокимов И. М., Ивакин С. В.- "Лазеры: применения и приложения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2016 - (520 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87570;
3. Чередниченко, В. С. Плазменные электротехнологические установки : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. С. Чередниченко, А. С. Аньшаков, М. Г. Кузьмин ; ред. В. С. Чередниченко . – 2-е изд., доп . – Москва : ИНФРА-М, 2019 . – 601 с. – (Высшее образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-16-013628-8 .;
4. Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман- "Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии", Издательство: "Техносфера", Москва, 2010 - (528 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496417>;
5. Вакуумная ионно-плазменная обработка : учебное пособие для вузов по направлению 150100 "Материаловедение и технологии материалов" / А. А. Ильин, [и др.] . – М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2014 . – 160 с. – (Современные технологии . Магистратура) . - ISBN 978-5-98281-366-4 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Elcut;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Visual Studio;
7. Dev-C++.

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. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
12. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru>; <http://docs.cntd.ru/>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
16. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
17. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
18. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических	А-206, Учебная аудитория каф.	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный

занятий, КР и КП	"ЭППЭ"	проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	А-04, Лаборатория каф. "ЭППЭ"	стол преподавателя, оборудование для экспериментов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-217, Кабинет сотрудников каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Плазменные, электронно-лучевые и лазерные установки

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков (Тестирование)
- КМ-2 Электронно-лучевые установки (Тестирование)
- КМ-3 Дуговые плазмотроны и плазменные технологии (Тестирование)
- КМ-4 Ионно-плазменные процессы и установки (Тестирование)
- КМ-5 Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования (Решение задач)
- КМ-6 Лазерные технологические установки (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	10	14	16
1	Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках							
1.1	Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках		+					
2	Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.							
2.1	Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.			+				
3	Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.							
3.1	Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.				+			
4	Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.							

4.1	Плазменные технологические установки: установки катодного распыления, магнетронные и ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые испарители и установки молекулярно-лучевой эпитаксии.				+		
5	Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования						
5.1	Методы проектирования элементов электронно-лучевого и ионно-плазменного технологического оборудования					+	
6	Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.						
6.1	Технологические лазеры: классификация, принципы действия и области применения.						+
Вес КМ, %:		10	10	10	10	50	10