

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.01 Машиностроение

Наименование образовательной программы: Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ И ФИЗИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ИХ ГЕНЕРАЦИИ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Вариативная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

Москва 2018

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Терентьев Е.В.
	Идентификатор	R2efde166-TerentyevYV-7ee31c2f

(подпись)

Е.В. Терентьев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петров П.Ю.
	Идентификатор	R653adc76-PetrovPY-f1c0c784


(подпись)

П.Ю. Петров

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
	Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9f

(подпись)

В.К. Драгунов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение физических принципов получения основных энергетических, технологических параметров источников энергии и конструктивных элементов генераторов концентрированных потоков энергии (КПЭ), используемых в современных установках и технологических комплексах.

Задачи дисциплины

- изучение физических основ генерации концентрированных потоков энергии (КПЭ), таких как газовое пламя, электрическая дуга, лазерный луч и электронный пучок;
- ознакомление с основными методами регулирования основных энергетических и технологических параметров источников КПЭ;
- ознакомление с научно-обоснованными принципами выбора источника концентрированного потока энергии для различных технологических операций;
- приобретение первичных навыков применения различных источников КПЭ для новых высоких технологий.

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
ОПК-1 умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		знать: - физические принципы генерации КПЭ, применяемых в технологических целях. уметь: - использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров источников КПЭ.
ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения		знать: - устройство источников генерации КПЭ. уметь: - основывать выбор источников КПЭ под конкретные технологические цели.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин основной профессиональной образовательной программе Машины и технология

высокоэффективных процессов обработки материалов (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы молекулярной физики
- знать основные законы электродинамики
- знать основные законы оптики
- знать основные законы атомной физики
- знать основные законы физической химии
- уметь применять основные физические законы для решения различных прикладных задач
- уметь составлять структурные схемы и эскизы технических устройств
- уметь самостоятельно изучать учебную и научно-техническую литературу

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Источники энергии термических процессов	8	5	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение материала по разделу "Источники энергии термических процессов"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Источники энергии термических процессов и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Источники энергии термических процессов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Источники энергии термических процессов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 4-6 [2], 129</p>
1.1	Источники энергии термических процессов	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Газовое пламя	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2	Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии	36	5	8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение материала по разделу "Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу</p>
2.1	Строение электрической дуги.	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

ВАХ дуги													
2.2	Элементарные процессы в плазме дуги: термическая ионизация; потенциал ионизации; фотоионизация; деионизация; излучение плазмы; эффективный потенциал ионизации	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	<p>Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 6-30 [2], 31-102</p>
2.3	Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел: термоэлектронная эмиссия; эффект Шоттки; туннельные переходы; фотоэмиссия; вторичная эмиссия; пленочные катоды	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
2.4	Баланс энергии дуги. Магнитное поле дуги. Пинч-эффект	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2.5	Влияние магнитного поля на дугу: продольное и поперечное магнитное поле; внешнее поперечное магнитное поле; вращающаяся дуга; бегущая дуга	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2.6	Особенности дуги переменного тока. Вентильный эффект	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
2.7	Плазменные струи в дуге. Плазменный дуговой разряд. Характеристики	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

	пространственного заряда в электронных пучках												
4	Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники	52	12	-	10	-	-	-	-	-	30	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение материала по разделу "Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 35-99 [2], 114-129 [3], 17-406</p>
4.1	Атомные переходы. Спонтанное и вынужденное излучение. Населенность энергетических уровней. Инверсия населенности.	7	2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4.2	Двухуровневая накачка. Аммиачный мазер. Трех- и четырехуровневая схема накачки. Способы накачки лазеров.	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4.3	Формирование лазерного пучка в резонаторе. Уширение линий вынужденного излучения.	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4.4	Продольно-поперечные моды лазера. Селекция линий излучения лазера. Одномодовый режим работы лазера. Модуляция добротности. Способы модуляции добротности.	7	2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4.5	Атомарные лазеры. Конструкция He-Ne	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

	лазера. Лазеры на ионах инертных газов. Конструкция аргонового лазера.												
4.6	Молекулярные лазеры. СО2-лазер. Газодинамические лазеры. Химические лазеры.	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
4.7	Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на стекле с неодимом. Лазеры на АИГ с неодимом.	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
4.8	Полупроводниковое лазеры.	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
4.9	Лазеры на красителях (жидкостные).	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
4.10	Волоконно-оптические лазеры.	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	-	32	2	-	-	0.5	113.5			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Источники энергии термических процессов

1.1. Источники энергии термических процессов

1.2. Газовое пламя

2. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии

2.1. Строение электрической дуги. ВАХ дуги

2.2. Элементарные процессы в плазме дуги: термическая ионизация; потенциал ионизации; фотоионизация; деионизация; излучение плазмы; эффективный потенциал ионизации

2.3. Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел: термоэлектронная эмиссия; эффект Шоттки; туннельные переходы; фотоэмиссия; вторичная эмиссия; пленочные катоды

2.4. Баланс энергии дуги. Магнитное поле дуги. Пинч-эффект

2.5. Влияние магнитного поля на дугу: продольное и поперечное магнитное поле; внешнее поперечное магнитное поле; вращающаяся дуга; бегущая дуга

2.6. Особенности дуги переменного тока. Вентильный эффект

2.7. Плазменные струи в дуге. Плазменный дуговой разряд. Характеристики плазменного источника: степень ионизации плазмы; квазинейтральность; температура плазмы.

2.8. Способ получения сжатой дуги. Виды плазменных источников энергии. Конструкции плазмотронов.

3. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии

3.1. Движение электронов в электростатическом поле

3.2. Движение электронов в магнитном поле. Оптико-механическая аналогия

3.3. Аксиально-симметричное электростатическое поле. Основное уравнение электронной оптики.

3.4. Аксиально-симметричное магнитное поле

3.5. Функциональная схема электронной пушки. Формирование электронного луча

3.6. Физические процессы, протекающие в пространстве дрейфа. Действие собственного пространственного заряда в электронных пучках

4. Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники

4.1. Атомные переходы. Спонтанное и вынужденное излучение. Населенность энергетических уровней. Инверсия населенности.

4.2. Двухуровневая накачка. Аммиачный мазер. Трех- и четырехуровневая схема накачки. Способы накачки лазеров.

4.3. Формирование лазерного пучка в резонаторе. Уширение линий вынужденного излучения.

4.4. Продольно-поперечные моды лазера. Селекция линий излучения лазера. Одномодовый режим работы лазера. Модуляция добротности. Способы модуляции добротности.

4.5. Атомарные лазеры. Конструкция He-Ne лазера. Лазеры на ионах инертных газов. Конструкция аргонового лазера.

4.6. Молекулярные лазеры. CO₂-лазер. Газодинамические лазеры. Химические лазеры.

4.7. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на стекле с неодимом. Лазеры на АИГ с неодимом.

4.8. Полупроводниковые лазеры.

4.9. Лазеры на красителях (жидкостные).

4.10. Волоконно-оптические лазеры.

3.3. Темы практических занятий

1. Электрический ток в проводниках, жидкостях и газах;
2. Электронные явления в металлах;
3. Электрическое и магнитное поле в вакууме;
4. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях;
5. Интерференция света;
6. Поляризация света;
7. Геометрическая оптика;
8. Фотометрия;
9. Элементы физики атомов и молекул.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Источники энергии термических процессов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники"

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	
Знать:						
физические принципы генерации КПЭ, применяемых в технологических целях	ОПК-1(Компетенция)	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии Контрольная работа/Контрольная работа №3. Световой луч и его свойства. Основы генерации лазерного излучения.
устройство источников генерации КПЭ	ПК-17(Компетенция)	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Источники энергии термических процессов. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии. Контрольная работа/Контрольная работа №4. Технологические лазерные источники
Уметь:						
использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров источников КПЭ	ОПК-1(Компетенция)	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Источники энергии термических процессов. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии. Контрольная работа/Контрольная работа №3. Световой луч и его свойства. Основы генерации лазерного излучения.
основывать выбор источников КПЭ под конкретные технологические цели	ПК-17(Компетенция)	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии Контрольная работа/Контрольная работа №4.

						Технологические лазерные источники
--	--	--	--	--	--	------------------------------------

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: Письменная работа

1. Контрольная работа №1. Источники энергии термических процессов. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии. (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3. Световой луч и его свойства. Основы генерации лазерного излучения. (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4. Технологические лазерные источники (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Бушма, В. О. Физические основы генерации концентрированных потоков энергии : Учебное пособие по курсу "Физические основы генерации концентрированных потоков энергии" для студентов по направлению "Технологические машины и оборудование" / В. О. Бушма, В. М. Боровик, Р. В. Родякина ; Ред. В. М. Качалов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 104 с. - ISBN 5-7046-0452-8 : 6.20 .;
2. Теория сварочных процессов : Учебник для вузов по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / В. Н. Волченко, и др. ; Ред. В. В. Фролов . – М. : Высшая школа, 1988 . – 559 с. : 1.60 .;
3. Айхлер, Ю. Лазеры. Исполнение, управление, применение : пер. с нем. / Ю. Айхлер, Г. И. Айхлер . – М. : Техносфера, 2008 . – 440 с. – (Мир физики и техники) . - ISBN 978-5-948361-67-3 .;
4. Бойков В. Н.- "Технология и оборудование электронно-лучевой обработки" Ч. 1, Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2009 - (36 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52151.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Майнд Видеоконференции.

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/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Концентрированные потоки энергии и физические основы их генерации

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа №1. Источники энергии термических процессов. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии. (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №3. Световой луч и его свойства. Основы генерации лазерного излучения. (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №4. Технологические лазерные источники (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	12	16	18
1	Источники энергии термических процессов					
1.1	Источники энергии термических процессов		+	+		+
1.2	Газовое пламя		+	+	+	+
2	Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии					
2.1	Строение электрической дуги. ВАХ дуги		+	+	+	
2.2	Элементарные процессы в плазме дуги: термическая ионизация; потенциал ионизации; фотоионизация; деионизация; излучение плазмы; эффективный потенциал ионизации			+	+	
2.3	Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел: термоэлектронная эмиссия; эффект Шоттки; туннельные переходы; фотоэмиссия; вторичная эмиссия; пленочные катоды			+	+	
2.4	Баланс энергии дуги. Магнитное поле дуги. Пинч-эффект		+	+	+	+
2.5	Влияние магнитного поля на дугу: продольное и поперечное магнитное поле; внешнее поперечное магнитное поле; вращающаяся дуга; бегущая дуга		+	+	+	+
2.6	Особенности дуги переменного тока. Вентильный эффект		+			+
2.7	Плазменные струи в дуге. Плазменный дуговой разряд. Характеристики плазменного источника: степень			+	+	+

	ионизации плазмы; квазинейтральность; температура плазмы.				
2.8	Способ получения сжатой дуги. Виды плазменных источников энергии. Конструкции плазмотронов.	+		+	+
3	Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии				
3.1	Движение электронов в электростатическом поле		+	+	
3.2	Движение электронов в магнитном поле. Оптико-механическая аналогия		+	+	
3.3	Аксиально-симметричное электростатическое поле. Основное уравнение электронной оптики.		+	+	
3.4	Аксиально-симметричное магнитное поле		+	+	
3.5	Функциональная схема электронной пушки. Формирование электронного луча	+	+	+	+
3.6	Физические процессы, протекающие в пространстве дрейфа. Действие собственного пространственного заряда в электронных пучках	+		+	+
4	Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники				
4.1	Атомные переходы. Спонтанное и вынужденное излучение. Населенность энергетических уровней. Инверсия населенности.		+	+	
4.2	Двухуровневая накачка. Аммиачный мазер. Трех- и четырехуровневая схема накачки. Способы накачки лазеров.	+	+	+	+
4.3	Формирование лазерного пучка в резонаторе. Уширение линий вынужденного излучения.	+		+	+
4.4	Продольно-поперечные моды лазера. Селекция линий излучения лазера. Одномодовый режим работы лазера. Модуляция добротности. Способы модуляции добротности.	+		+	+
4.5	Атомарные лазеры. Конструкция He-Ne лазера. Лазеры на ионах инертных газов. Конструкция аргонового лазера.	+	+	+	+
4.6	Молекулярные лазеры. CO ₂ -лазер. Газодинамические лазеры. Химические лазеры.	+	+	+	+
4.7	Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на стекле с неодимом. Лазеры на АИГ с неодимом.	+	+	+	+
4.8	Полупроводниковые лазеры.	+	+	+	+
4.9	Лазеры на красителях (жидкостные).	+	+	+	+
4.10	Волоконно-оптические лазеры.	+	+	+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25