

**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

**Оценочные материалы
по дисциплине
Концентрированные потоки энергии и физические основы их генерации**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Терентьев Е.В.
	Идентификатор	R2efde166-TerentyevYV-7ee31c26

Е.В.
Терентьев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

П.Ю. Петров

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гончаров А.Л.
	Идентификатор	R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe

А.Л.
Гончаров

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен принимать участие в производственно-технологической деятельности при изготовлении машиностроительных изделий

ИД-2 Демонстрирует понимание физических процессов при обработке и контроле материалов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

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)

БРС 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.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16

Источники энергии термических процессов				
Источники энергии термических процессов	+			
Газовое пламя	+			
Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии				
Строение электрической дуги. ВАХ дуги	+			
Элементарные процессы в плазме дуги: термическая ионизация; потенциал ионизации; фотоионизация; деионизация; излучение плазмы; эффективный потенциал ионизации	+			
Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел: термоэлектронная эмиссия; эффект Шоттки; туннельные переходы; фотоэмиссия; вторичная эмиссия; пленочные катоды	+			
Баланс энергии дуги. Магнитное поле дуги. Пинч-эффект	+			
Влияние магнитного поля на дугу: продольное и поперечное магнитное поле; внешнее поперечное магнитное поле; вращающаяся дуга; бегущая дуга	+			
Особенности дуги переменного тока. Вентильный эффект	+			
Плазменные струи в дуге. Плазменный дуговой разряд. Характеристики плазменного источника: степень ионизации плазмы; квазинейтральность; температура плазмы.	+			
Способ получения сжатой дуги. Виды плазменных источников энергии. Конструкции плазмотронов.	+			
Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии				
Движение электронов в электростатическом поле		+		
Движение электронов в магнитном поле. Оптико-механическая аналогия		+		
Аксиально-симметричное электростатическое поле. Основное уравнение электронной оптики.		+		
Аксиально-симметричное магнитное поле		+		
Функциональная схема электронной пушки. Формирование электронного луча		+		
Физические процессы, протекающие в пространстве дрейфа. Действие собственного пространственного заряда в электронных пучках		+		
Основы генерации лазерного излучения. Технологические лазерные источники				
Атомные переходы. Спонтанное и вынужденное излучение. Населенность энергетических уровней. Инверсия населенности.			+	
Двухуровневая накачка. Аммиачный мазер. Трех- и четырехуровневая схема накачки. Способы накачки лазеров.			+	
Формирование лазерного пучка в резонаторе. Уширение линий вынужденного излучения.			+	

Продольно-поперечные моды лазера. Селекция линий излучения лазера. Одномодовый режим работы лазера. Модуляция добротности. Способы модуляции добротности.			+	
Атомарные лазеры. Конструкция He-Ne лазера. Лазеры на ионах инертных газов. Конструкция аргонового лазера.				+
Молекулярные лазеры. CO ₂ -лазер. Газодинамические лазеры. Химические лазеры.				+
Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на стекле с неодимом. Лазеры на АИГ с неодимом.				+
Полупроводниковые лазеры.				+
Лазеры на красителях (жидкостные).				+
Волоконно-оптические лазеры.				+
Вес КМ:	25	25	30	20

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2ПК-1 Демонстрирует понимание физических процессов при обработке и контроле материалов	Знать: физические процессы в плазме дуги и влияние на них электрических и магнитных полей физические принципы генерации лазерных источников Уметь: использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров электронных пучков обоснованно выбирать лазерные источники под конкретные технологические цели	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)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа №1. Источники энергии термических процессов. Электродуговые источники энергии. Плазменные технологические источники энергии.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1. Студент получает задание на контрольную работу. 2. Готовится в течение 45 мин. 3. Устно отвечает преподавателю по каждому вопросу.

Краткое содержание задания:

1. Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел: Автоэлектронная эмиссия. Фотоэмиссия. Вторичная эмиссия.

2. Магнитное поле дуги.

3. Задача:

Зная катодное $U_k=8$ В и анодное $U_a=5$ В падение напряжений и температуру столба дуги $T_{ст}=6500$ К дуги, оценить тепловыделение на электродах для металлической дуги с работой выхода $j=4.5$ эВ и током 120 А.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические процессы в плазме дуги и влияние на них электрических и магнитных полей	1. Возможно ли добиться эмиссии электронов из катода, не прибегая к его нагреву? Если да, то каким образом и почему такие катоды не применяют в технологических целях?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Контрольная работа №2. Электронная оптика. Электронно-лучевые источники энергии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1. Студент получает задание на контрольную работу. 2. Готовится в течение 45 мин. 3. Устно отвечает преподавателю по каждому вопросу.

Краткое содержание задания:

1. Скорость электрона.
2. Траектории электронов в ускоряющем промежутке пушки.
3. Задача:

Позитрон, имеющий скорость 10^6 м/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией 10^{-3} Тл. Вектор скорости позитрона направлен под углом 60° к линиям индукции. Определить траекторию и путь, пройденный им за время 1 мкс, а также его положение к концу указанного времени.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров электронных пучков	1. Каким образом потенциал на управляющем электроде оказывает влияние на траекторию электронов? Что такое запирающее напряжение?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. Контрольная работа №3. Световой луч и его свойства. Основы генерации лазерного излучения.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1. Студент получает задание на контрольную работу. 2. Готовится в течение 45 мин. 3. Устно отвечает преподавателю по каждому вопросу.

Краткое содержание задания:

1. 1. Поляризация света
2. 2. Спонтанное и вынужденное излучение.
3. 3. Задача:
4. На непрозрачную преграду с отверстием радиусом 1 мм падает монохроматическая плоская световая волна. Когда расстояние от преграды до установленного за ней экрана 0,575 м, в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до 0,863 м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны света.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические принципы генерации лазерных источников	1. Что такое поляризованный свет?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Контрольная работа №4. Технологические лазерные источники

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1. Студент получает задание на контрольную работу. 2. Готовится в течение 45 мин. 3. Устно отвечает преподавателю по каждому вопросу.

Краткое содержание задания:

1. 1. Принцип работы твердотельных лазеров на алюмоиттриевом гранате с неодимом.
2. 2. Задача:

3. Определите температуру, при которой средняя энергия молекул трехатомного газа равна энергии фотонов, соответствующих излучению с длиной волны 500 нм.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: обоснованно выбирать лазерные источники под конкретные технологические цели	1.Обоснуйте выбор лазера для резки металлов.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Способ получения сжатой дуги. Виды плазменных источников энергии. Конструкции плазмотронов.
2. Способы накачки лазеров.
3. Узкий параллельный пучок электронов пролетает сквозь плоский конденсатор параллельно его пластинам и попадает на флуоресцирующий экран, находящийся на расстоянии 100 мм. При подаче на конденсатор 100 В светящееся пятно на экране смещается на 50 мм. Расстояние между пластинами конденсатора 5 мм, а длина 50 мм. Какова начальная скорость движения электронов?

Процедура проведения

1. Студент получает экзаменационный билет.
2. Готовится в течение 45 мин.
3. Устно отвечает преподавателю по каждому вопросу.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов при обработке и контроле материалов

Вопросы, задания

1. Возможно ли добиться эмиссии электронов из катода, не прибегая к его нагреву? Если да, то возможно ли применение таких катодов в технологических целях?
2. Как можно рассчитать скорость электрона? Может ли скорость электрона превысить скорость света, почему?
3. Какие преимущества имеет четырехуровневая схема накачки лазера перед трехуровневой?
4. Каким образом можно повысить тепловыделение на аноде дугового разряда?
5. Каким образом потенциал на управляющем электроде оказывает влияние на траекторию электронов? Что такое запирающее напряжение?
6. Каким образом можно повысить населенность определенных энергетических уровней? Что такое инверсия населенностей?
7. Каковы основные отличия работы оптической и магнитной линзы? Опишите каким образом происходит фокусировка электронного пучка в магнитной линзе.
8. Чем ограничен минимальный диаметр электронного пучка?
9. Опишите причины повышения температуры в сжатой дуге. Какие имеет преимущества сжатая дуга по сравнению с свободной?
10. Опишите способы накачки рабочего тела лазера.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Опишите энергетические характеристики различных концентрированных потоков энергии. Какие источники наиболее концентрированы? Чем это характеризуется

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: КПЭ характеризуются плотностью мощности в пятне нагрева и диаметром источника. КПЭ в порядке увеличения плотности мощности: газовая плазма, свободная электрическая дуга, сжатая дуга, электронный пучок, лазерный луч. Газовое пламя имеет наибольший диаметр пятна нагрева, а электронный и лазерный луч – минимальный, до десятых долей миллиметра, а для маломощных лучей и ниже.

2. Что такое потенциал ионизации? Зачем в электродные покрытия добавляют соединения щелочных металлов?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Потенциал ионизации это энергия, необходимая для отрыва электрона от атома или иона. Попадание щелочных элементов электрическую дугу существенно снижает потенциал ионизации.

3. Как можно определить плотность термоэмиссионного тока?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Плотность термоэмиссионного тока определяется по формуле Ричардсона-Дешмана. Повышение температуры приводит к повышению плотности термоэмиссионного тока, причем снижение работы выхода электрона позволяет добиться необходимой плотности тока при меньшей температуре.

4. В какой области электрической дуги выделяется больше энергии, катодной или анодной? почему?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: В анодной, поскольку потенциальная и кинетическая энергия электронов выделяется именно в катодной области.

5. Каким образом электроны ускоряются в электронной пушке и формируют пучок?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Электроны ускоряются электрическим полем, создаваемым между катодом и анодом. Управляющий электрод позволяет обеспечить предварительную фокусировку потока электронов и направляет его в отверстие анода.

6. Зачем нужна магнитная линза в электронной пушке?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Магнитная линза позволяет фокусировать электронный пучок на рабочей поверхности.

7. Каким образом влияет собственный пространственный заряд на движение электронов

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Действие собственного пространственного заряда приводит к расширению пучка в эквипотенциальном пространстве. Действие пространственного заряда в пучке удобно характеризовать коэффициентом пространственного заряда –

первенсом. Чем меньше тока пучка и выше энергия электронов, тем меньше влияние собственного заряда.

8. В чем отличие спонтанного и вынужденного излучений?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Спонтанное излучение протекает без какого-либо внешнего возбуждения или инициализации. Кванты света, родившиеся в результате спонтанных переходов, обладая одинаковой энергией, никак не связаны между собой. Направления распространения этих квантов равновероятны. Вынужденное (индуцированное) излучение – это "излучение под воздействием", при котором возбужденный атом взаимодействует с квантом света на частоте перехода. Кванты вынужденного излучения, в отличие от квантов спонтанного излучения, находятся в фазе с излучением, стимулирующим эти переходы.

9. Какие способы накачки рабочего тела лазера вам известны?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Способы накачки: оптическая; электрическая; газодинамическая; химическая; ядерная; электронным пучком.

10. Какие лазеры обладают наибольшей мощностью на сегодняшний день?

Ответы:

Ответ должен содержать достаточно подробное описание с однозначными формулировками.

Верный ответ: Наибольшую мощность имеют твердотельные лазеры, газовые лазеры и волоконные лазеры.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу