

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

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Взаимодействие частиц и излучений с конструкционными материалами**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Афанасьев В.П. |
| | Идентификатор | Rd662399b-AfanasyevVP-e234fce |

(подпись)

В.П.
Афанасьев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Лукашевский М.В. |
| | Идентификатор | Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab |

(подпись)

М.В.
Лукашевский

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

| | | |
|---|---|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дедов А.В. |
| | Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

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 Готов анализировать и моделировать технологические процессы, используемые в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках

ИД-1 Владеет методами расчета процессов изотропизации и деградации энергии потока атомных частиц в конструкционных материалах, знает методики экспериментального исследования процессов взаимодействия частиц и излучений с конструкционными материалами, знаком с основными видами эрозии конструкционных материалов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа 1. Каскадная теория распыления, расчет коэффициентов распыления по формуле П. Зигмунда (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Домашнее задание 1. Расчет процесса изотропизации потока атомных частиц в малоугловом приближении (Домашнее задание)

2. Домашнее задание 2. Расчет процесса деградации энергии потока атомных частиц на основе теории Ландау (Домашнее задание)

3. Домашнее задание 3. Расчет энергетических спектров протонов, отраженных от многослойных поверхностей (Домашнее задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ. Изучение вторично-ионного масс-спектрометра, исследование массового спектра стали (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 12 | 15 | 16 |
| Расчет процесса изотропизации потока атомных частиц в малоугловом приближении | | | | | | |
| Расчет процесса изотропизации потока атомных частиц в малоугловом приближении | + | | | | | |
| Расчет процесса деградации энергии потока атомных частиц на основе теории Ландау | | | | | | |
| Расчет процесса деградации энергии потока атомных частиц на основе теории Ландау | | | + | | | |

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| Каскадная теория распыления, расчет коэффициентов распыления по формуле П. Зигмунда | | | | | |
| Каскадная теория распыления, расчет коэффициентов распыления по формуле П. Зигмунда | | | + | + | |
| Измерение энергетических спектров отраженных электронов | | | | | |
| Измерение энергетических спектров отраженных электронов | | | | + | + |
| Изучение вторично-ионного масс-спектрометра, исследование массового спектра стали | | | | | |
| Изучение вторично-ионного масс-спектрометра, исследование массового спектра стали | | | | + | |
| Вес КМ: | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-1 _{ПК-1} Владеет методами расчета процессов изотропизации и деградации энергии потока атомных частиц в конструкционных материалах, знает методики экспериментального исследования процессов взаимодействия частиц и излучений с конструкционными материалами, знаком с основными видами эрозии конструкционных материалов | Знать: уравнения переноса атомных частиц в твердых телах и способы их приближенного решения основные подходы, применяемые для расчета процесса деградации энергии потока атомных частиц каскадную теорию распыления и ее основные применения Уметь: рассчитывать энергетические спектры протонов и электронов, отраженных от многослойных поверхностей определять послойный компонентный состав образцов методами электронной и ионной спектроскопии | Домашнее задание 1. Расчет процесса изотропизации потока атомных частиц в малоугловом приближении (Домашнее задание) Домашнее задание 2. Расчет процесса деградации энергии потока атомных частиц на основе теории Ландау (Домашнее задание) Контрольная работа 1. Каскадная теория распыления, расчет коэффициентов распыления по формуле П. Зигмунда (Контрольная работа) Домашнее задание 3. Расчет энергетических спектров протонов, отраженных от многослойных поверхностей (Домашнее задание) Защита лабораторных работ. Изучение вторично-ионного масс-спектрометра, исследование массового спектра стали (Лабораторная работа) |

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Домашнее задание 1. Расчет процесса изотропизации потока атомных частиц в малоугловом приближении

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту предлагается дома выполнить письменную работу и сдать её на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Сделать письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: каскадную теорию распыления и ее основные применения | <ol style="list-style-type: none">1. Как модифицировать формулу Гаудсмита – Саундерсена, чтобы проводить компьютерные расчеты?2. В чем смысл малоуглового приближения?3. Как подобрать необходимое число членов ряда, чтобы получить правильный ответ, но вычисляемый в наиболее короткое время?4. Сформулируйте «теорему полноты» и «правило сложения» для полиномов Лежандра5. Сколько транспортных пробегов необходимо пройти ионам в образце для полной изотропизации? Ответ должен соответствовать вашему конкретному заданию |
|---|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

КМ-2. Домашнее задание 2. Расчет процесса деградации энергии потока атомных частиц на основе теории Ландау

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту предлагается дома выполнить письменную работу и сдать её на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Сделать письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| Знать: основные подходы, применяемые для расчета процесса деградации энергии потока атомных частиц | <ol style="list-style-type: none">1. Сформулируйте определение распределения Пуассона. Как оно возникает в решении Ландау2. Какой смысл имеет кратная свертка дифференциальных сечений неупругого рассеяния?3. Как в описании результата многократного рассеяния учитывается аппаратная функция прибора, регистрирующего спектр?4. С помощью какой функции моделируется дифференциальное сечение неупругого рассеяния?5. Как оценить число членов ряда по кратностям неупругого рассеяния, чтобы получить адекватное описание процесса? |
|--|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

КМ-3. Контрольная работа 1. Каскадная теория распыления, расчет коэффициентов распыления по формуле П. Зигмунда

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают билет с вопросом, на который необходимо сделать письменный ответ

Краткое содержание задания:

Сделать письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Знать: уравнения переноса атомных частиц в твердых телах и способы их приближенного | <ol style="list-style-type: none">1. В чем заключается физический смысл приведенной энергии налетающего иона?2. В чем заключается физический смысл определения |
|---|---|

| | |
|---------|---|
| решения | <p>- «потери энергии в упругих соударениях»?</p> <p>3.Для чего в формуле Зигмунда требуется знание об «удельной теплоте сублимации»?</p> <p>4.Опишите качественно различия в угловых распределениях каскадно распыленных атомов для поликристаллов и монокристаллов?</p> <p>5.Применима ли формула Зигмунда для определения коэффициента распыления легкими ионами?</p> |
|---------|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

КМ-4. Домашнее задание 3. Расчет энергетических спектров протонов, отраженных от многослойных поверхностей

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту предлагается дома выполнить письменную работу и сдать её на практическом занятии

Краткое содержание задания:

Сделать письменный ответ на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| <p>Уметь: определять послойный компонентный состав образцов методами электронной и ионной спектроскопии</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1.Сформулируйте особенности постановки эксперимента по спектроскопии Характеристических Потерь Энергии (ХПЭ) отраженных электронов 2.Сформулируйте особенности постановки эксперимента по спектроскопии Пиков Упруго-Отраженных Электронов 3.Для чего и когда необходима процедура вычитания фона в спектроскопии Пиков Упруго- Отраженных 4.Сформулируйте принцип «парциальных интенсивностей» 5.Основное различие в ХПЭ спектрах простых металлов и углерода? |
|---|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

КМ-5. Защита лабораторных работ. Изучение вторично-ионного масс-спектрометра, исследование массового спектра стали

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вопросы для защиты лабораторных работ и отвечают на них устно

Краткое содержание задания:

Ответить на вопрос

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Уметь: рассчитывать энергетические спектры протонов и электронов, отраженных от многослойных поверхностей | 1. Является ли Вторично-Ионная Масс Спектроскопия (ВИМС) количественным методом анализ поверхностей твердых тел? 2. Сформулируйте основное достоинство ВИМС методики 3. Основные типы масс-спектрометров. Принцип действия 4. Можно ли однозначно определить марку стали по ВИМС спектру? 5. В чем смысл условия Гюнтершульце – Мура? |
|---|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет 1

1. Рассеяние электронов, легких ионов, фотонов и нейтронов в твердых телах. Сечения процессов.
2. Облучение конструкционных материалов высокими дозами ионов инертных газов, явление блистеринга.

Процедура проведения

Студенты получают билеты, готовятся к ответу на вопросы и отвечают устно преподавателю

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Владеет методами расчета процессов изотропизации и деградации энергии потока атомных частиц в конструкционных материалах, знает методики экспериментального исследования процессов взаимодействия частиц и излучений с конструкционными материалами, знаком с основными видами эрозии конструкционных материалов

Вопросы, задания

1. Билет 1

1. Рассеяние электронов, легких ионов, фотонов и нейтронов в твердых телах. Сечения процессов.
2. Облучение конструкционных материалов высокими дозами ионов инертных газов, явление блистеринга.

2. Билет 5

1. Уравнение переноса в случае чисто неупругого рассеяния. Приближение прямо вперед. Уравнение Фоккера-Планка.
2. Имплантация. Расчет послойных профилей имплантированного вещества в случае малых доз.

3. Билет 4

1. Уравнение переноса в случае чисто упругого рассеяния. Малоугловое приближение. Метод сферических гармоник.
2. Каскадная теория распыления.

4. Билет 3

1. Уравнение переноса в случае чисто упругого рассеяния. Переход к уравнению Эйнштейна - Смолуховского.
2. Распыление многокомпонентных тел, распыление стратифицированных мишеней.

5. Билет 2

1. Уравнение переноса в случае чисто упругого рассеяния. Малоугловое приближение. Особенности рассеяния электронов и ионов.
2. Особенности распыления твердых тел легкими ионами.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Учет процесса многократного упругого рассеяния приводит к:

Ответы:

многократному усилению сигнала РФС; однократному усилению сигнала РФС; ослаблению сигнала РФС; всё выше перечисленное верно.

Верный ответ: многократному усилению сигнала РФС

2. Малоугловое приближение -

Ответы:

приближенные вычисления интегралов от произведения плавных функций на функцию, имеющую очень неясный максимум при больших углах рассеяния; приближенные вычисления интегралов от произведения плавных функций на функцию, имеющую очень резкий максимум при нулевых углах рассеяния; точные вычисления интегралов от произведения плавных функций на функцию, имеющую очень резкий максимум при больших углах рассеяния; выше перечисленные варианты являются верными.

Верный ответ: приближенные вычисления интегралов от произведения плавных функций на функцию, имеющую очень резкий максимум при нулевых углах рассеяния

3. Решение граничной задачи для уравнения переноса методом инвариантного погружения приводит к системе:

Ответы:

линейных уравнений для функций отражения и пропускания; нелинейных уравнений для функции пропускания; нелинейных уравнений для функции отражения; нет правильного ответа.

Верный ответ: линейных уравнений для функций отражения и пропускания

4. Фундамент современной теории переноса частиц и излучений был заложен работами

Ответы:

В.А. Амбарцумяна; С. Чандрасекара; В.В. Соболева; всеми выше перечисленными.

Верный ответ: всеми выше перечисленными

5. Перечислите процессы, которые возникают при взаимодействии атомных частиц с твердыми телами

Ответы:

радиационное дефектообразование и вторичная электронная эмиссия; имплантация и распыление, электромагнитное излучение; химические и фазовые превращения в образцах; всё выше перечисленное.

Верный ответ: всё выше перечисленное

6. Упругие потери энергии в процессе малоуглового движения легкого иона прямо вперед малы, до тех пор, пока:

Ответы:

пройденный путь не превышает длины транспортного пробега; пройденный путь превышает длину транспортного пробега; пройденный путь превышает длину свободного неупругого пробега; нет правильного ответа.

Верный ответ: пройденный путь не превышает длины транспортного пробега

7. «Плазмонное возбуждение» включает в себя:

Ответы:

потери на возбуждение электрон-дырочной пары; потери на возбуждение электрон-электронной пары; все потери на возбуждение валентных электронов; нет правильного ответа.

Верный ответ: все потери на возбуждение валентных электронов

8. Атомные частицы при движении в твердом теле:

Ответы:

испытывают сильное неупругое рассеяние; теряют энергию на ионизацию и испытывают сильное неупругое рассеяние; теряют энергию на ионизацию и не испытывают неупругое рассеяние; нет правильного ответа.

Верный ответ: теряют энергию на ионизацию и испытывают сильное неупругое рассеяние

9. Конструкция MCP показывает высокую эффективность детектирования:

Ответы:

электронов и ионов: электронов и ионов, рентгеновское излучение; электронов и ионов, а также других типов излучения, включая УФ, ВУФ, мягкое рентгеновское излучение и нейтроны; электронов и ионов, а также других типов излучения, включая УФ, ВУФ, жёсткое рентгеновское излучение.

Верный ответ: электронов и ионов, а также других типов излучения, включая УФ, ВУФ, мягкое рентгеновское излучение и нейтроны

10. Спектрометр характеристических потерь (полусферический электростатический энергоанализатор) PNOIBOS 225 производства компании SPECS предназначен для:

Ответы:

регистрации энергетических спектров отрицательных (электронов) и положительных (ионов) частиц с кинетическими энергиями в диапазоне от 0 эВ до 5 кэВ; регистрации энергетических спектров отрицательных (электронов) и положительных (ионов) частиц с кинетическими энергиями в диапазоне от 0 эВ до 15 кэВ; регистрации энергетических спектров положительных (ионов) частиц с кинетическими энергиями в диапазоне от 0 эВ до 15 кэВ; регистрации энергетических спектров отрицательных (электронов) частиц с кинетическими энергиями в диапазоне от 0 эВ до 15 кэВ;

Верный ответ: регистрации энергетических спектров отрицательных (электронов) и положительных (ионов) частиц с кинетическими энергиями в диапазоне от 0 эВ до 15 кэВ

11. Выберите верное утверждение:

Ответы:

зависимость показаний амперметра от напряжения на обкладках энергоанализатора показывает количество ионов с энергией в общем потоке ионов, влетевших в энергоанализатор; зависимость показаний амперметра от напряжения на обкладках энергоанализатора показывает количество электронов с энергией в общем потоке ионов, влетевших в энергоанализатор; зависимость показаний амперметра от напряжения на обкладках энергоанализатора показывает количество электронов или ионов с энергией в общем потоке ионов, влетевших в энергоанализатор; нет правильного утверждения.

Верный ответ: зависимость показаний амперметра от напряжения на обкладках энергоанализатора показывает количество электронов или ионов с энергией в общем потоке ионов, влетевших в энергоанализатор

12. Когда возникает синхронное излучение

Ответы:

при отклонении пучка частиц в электрическом поле; при отклонении пучка частиц в магнитном и электрических полях; при отклонении пучка частиц в магнитном поле в результате действия силы Лоренца; нет правильного ответа.

Верный ответ: при отклонении пучка частиц в магнитном поле в результате действия силы Лоренца

13. Электронная пушка это -

Ответы:

устройство создающее, в идеале, поток электронов, летящих в одном направлении и с абсолютно одинаковой энергией; устройство создающее, поток электронов, летящих в одном направлении и с разной энергией; устройство создающее, поток электронов и ионов, летящих в одном направлении и с абсолютно одинаковой энергией; устройство создающее, поток электронов и ионов, летящих в разных направлениях и с абсолютно одинаковой энергией;

Верный ответ: устройство создающее, в идеале, поток электронов, летящих в одном направлении и с абсолютно одинаковой энергией

14. Физическим распылением называется

Ответы:

процесс, при котором распыленные частицы получают энергию, необходимую для преодоления связи с поверхностью, от первоначальной частицы в результате атомных столкновений; процесс при облучении поверхности ионами, отличными от ионов инертных газов; процесс, при котором энергия связи молекул, образовавшихся из первичных ионов и атомов мишени, с поверхностью мала и они могут десорбироваться при данной температуре мишени; всё выше перечисленное.

Верный ответ: процесс, при котором распыленные частицы получают энергию, необходимую для преодоления связи с поверхностью, от первоначальной частицы в результате атомных столкновений

15. Опытные данные по распылению разделяются на основные категории:

Ответы:

дифференциальная характеристика; угловое распределение распыленных атомов; коэффициент распыления; все выше перечисленные.

Верный ответ: все выше перечисленные

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

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

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

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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