

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Элементарные процессы в плазме**

**Москва
2023**

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	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(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-5 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок

ИД-5 Владеет подходами, направленными на получение данных о сечениях рассеяния в термоядерной плазме и данных о сечениях взаимодействия плазмы с материалами

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала KrC ») (Проверочная работа)

2. Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST») (Проверочная работа)

3. Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда (Тестирование)

4. Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха (Тестирование)

5. Тест 3. Тест по энергоанализаторам (Тестирование)

БРС дисциплины

7 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
Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры						
Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры		+	+			
Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений						
Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений				+		

Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха					
Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха			+	+	
Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория					
Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория				+	
Эксперименты по угловым распределениям упруго- отраженных электронов и ионов					
Эксперименты по угловым распределениям упруго- отраженных электронов и ионов				+	+
Эксперименты по характеристическим потерям энергии					
Эксперименты по характеристическим потерям энергии				+	+
Вес КМ:	15	15	15	25	30

\$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-5	ИД-5ПК-5 Владеет подходами, направленными на получение данных о сечениях рассеяния в термоядерной плазме и данных о сечениях взаимодействия плазмы с материалами	<p>Знать:</p> <p>основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме</p> <p>основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями</p> <p>Уметь:</p> <p>использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической</p>	<p>Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда (Тестирование)</p> <p>Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха (Тестирование)</p> <p>Тест 3. Тест по энергоанализаторам (Тестирование)</p> <p>Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST») (Проверочная работа)</p> <p>Защита второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала KrC») (Проверочная работа)</p>

		физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с конструкционными поверхностями выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам предлагается письменно ответить на поставленные вопросы

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями	<ol style="list-style-type: none">1. На основе каких уравнений строится вывод Резерфордовского сечения?2. Дайте определение «дифференциального сечения упругого рассеяния»3. Границы применимости Резерфордовского сечения4. Параметр экранирования – что это, возможно ли его определение в рамках классической, Ньютоновской теории?5. Особенности упругого рассеяния атомных частиц на свободных атомах и атомах в твердом теле
--	--

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. Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам предлагается письменно ответить на поставленные вопросы

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определение «дифференциального сечения неупругого рассеяния» 2. На основе каких уравнений строится вывод сечения Томсона? 3. Сечение ионизации Томсона – границы применимости и возможности расширения границ применимости 4. Нелокальные потери энергии – что это? Возможно ли их описание в рамках теории Томсона? 5. На основе каких подходов возможно построение Теории Бете – Блоха?
---	--

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. Тест 3. Тест по энергоанализаторам

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам предлагается письменно ответить на поставленные вопросы

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможно ли одновременное измерение энергетических спектров ионов и нейтральных атомов? 2. Что означает утверждение: «сферический энергоанализатор обладает двойной фокустировкой»? 3. Сферический энергоанализатор, вывод связи энергии детектируемых частиц и разности потенциалов между обкладками 4. Энергоанализатор Юза – Рожанского – схема,
--	---

конструкционными поверхностями	принцип действия 5. Типы энергоанализаторов, принципы действия?
--------------------------------	--

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. Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST»)

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам предлагается письменно ответить на поставленные вопросы

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем смысл модели рассеяния электронов в твердых телах под названием «Muffin Tin»? 2. При каких энергиях налетающих электронов наиболее неблагоприятно использование формулы Резерфорда? 3. Возможно ли использовать сечение Резерфорда для описания рассеяния электронов на многоэлектронных атомах типа золота и вольфрама? 4. Возможно ли использовать сечение Хеньи – Гринштейна для описания рассеяния на многоэлектронных атомах типа золота и вольфрама? 5. Что означает утверждение: дифференциальное сечение упругого рассеяния Резерфорда «сильно вытянуто вперед»?
--	---

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 второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала KrC »)

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам предлагается письменно ответить на поставленные вопросы

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Почему для описания рассеяния легких ионов в твердых телах модель «Muffin Tin» не имеет смысла?2. При каких энергиях налетающих ионов наиболее неблагоприятно использование формулы Резерфорда?3. Возможно ли использовать сечение Резерфорда для описания рассеяния легких ионов на многоэлектронных атомах типа золота и вольфрама?4. Возможно ли использовать сечение Хеньи – Гринштейна для описания рассеяния легких ионов?
---	--

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

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Билет №1

1. Особенности процессов взаимодействия атомных частиц в высокотемпературной плазме
2. Определить сечение локального неупругого взаимодействия для потенциала $U(r)=1/r^{1+a}$

Процедура проведения

Студенты получают билеты, делают письменный развёрнутый ответ на каждый вопрос билета и сдают их

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-5} Владеет подходами, направленными на получение данных о сечениях рассеяния в термоядерной плазме и данных о сечениях взаимодействия плазмы с материалами

Вопросы, задания

1. Билет №1

1. Решение уравнения упругого переноса. Асимптотика для больших пробегов.
2. Частота плазменных колебаний, энергия плазмона.

2. Билет №2

1. Процесс неупругого рассеяния, основные параметры процесса: средняя длина неупругого процесса, средние потери энергии на единице длины, остаточный пробег. Вывод указанных параметров для локальных потерь энергии.
2. Вывод формулы Резерфорда.

3. Билет №3

1. Сечение упругого взаимодействия. Вывод дифференциального по телесному углу сечения упругого рассеяния. Формула Резерфорда.
2. Дисперсионная теория нелокальных неупругих потерь энергии. Ленгмюровские возбуждения.

4. Билет №4

1. Виды сечений взаимодействия (локальные, нелокальные, упругие, неупругие).
2. Определить сечение локального неупругого взаимодействия для потенциала $U(r)=1/r^{1+a}$

5. Билет №5

1. Виды сечений взаимодействия (полные, дифференциальные).
2. Определить сечение локального неупругого взаимодействия для потенциала $U(r)=1/r^{1+a}$

6. Билет №6

1. Особенности процессов взаимодействия атомных частиц в высокотемпературной плазме
2. Определить сечение локального неупругого взаимодействия для потенциала $U(r)=1/r^{1+a}$

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Увеличение заряда ядра ведет к смещению линий

Ответы:

в длинноволновую область; в коротковолновую область; не приводит к смещению; нет правильного ответа.

Верный ответ: в коротковолновую область

2. Принцип инвариантности формулирует:

Ответы:

если полосу вещества толщиной x с нижней границы слоя перенести на верхнюю, то слой останется самим собой, а функции R и T будут другими; если полосу вещества толщиной x с нижней границы слоя перенести на верхнюю, то слой останется самим собой и функция R останется прежней, а функция T будет другой; если полосу вещества толщиной x с нижней границы слоя перенести на верхнюю, то слой останется самим собой и функции R и T также останутся прежними; нет правильного ответа.

Верный ответ: если полосу вещества толщиной x с нижней границы слоя перенести на верхнюю, то слой останется самим собой и функции R и T также останутся прежними

3. Выберите верное утверждение:

Ответы:

изотропизация потока атомных частиц происходит практически без потерь энергии; изотропизация потока атомных частиц происходит с потерями энергии; изотропизация потока атомных частиц происходит абсолютно без потерь энергии; нет правильного ответа.

Верный ответ: изотропизация потока атомных частиц происходит практически без потерь энергии

4. Транспортный пробег -

Ответы:

определяет то расстояние, на котором происходит поворот движения атомных частиц на противоположное направлению начального влета в мишень, за счет процесса однократного рассеяния; определяет то расстояние, на котором происходит поворот движения атомных частиц на противоположное направлению начального влета в мишень, за счет процесса многократного рассеяния; определяет то расстояние, на котором происходит поворот движения атомных частиц; нет правильного ответа.

Верный ответ: определяет то расстояние, на котором происходит поворот движения атомных частиц на противоположное направлению начального влета в мишень, за счет процесса многократного рассеяния

5. При взаимодействии потока быстрых атомных частиц с мишенью, толщина которой намного превышает и транспортный и полный пробег частиц в материале мишени:

Ответы:

часть их затормаживается и остается в твердом теле, а часть рассеивается назад; затормаживаются все частицы; часть их затормаживается и остается в твердом теле, а часть рассеивается вперед; нет правильного ответа.

Верный ответ: часть их затормаживается и остается в твердом теле, а часть рассеивается назад

6. Выберите верное утверждение (уравнение переноса в приближении малых передач энергии с учетом флуктуаций энергетических потерь):

Ответы:

диффузионное приближение применимо, если максимальная передаваемая энергия становится сравнимой с энергией частицы; диффузионное приближение неприменимо, если максимальная передаваемая энергия становится сравнимой с энергией частицы; диффузионное приближение неприменимо, если максимальная передаваемая энергия

становится меньше энергии частицы; диффузионное приближение неприменимо, если максимальная передаваемая энергия становится больше энергии частицы;

Верный ответ: диффузионное приближение неприменимо, если максимальная передаваемая энергия становится сравнимой с энергией частицы

7. На длине пробега частицы порядка транспортной частица

Ответы:

не меняет направление движения; незначительно меняет направление движения; меняет направление движения на обратное; нет правильного ответа.

Верный ответ: меняет направление движения на обратное

8. Потери энергии на упругие ядерные столкновения наиболее эффективны в случае

Ответы:

разных масс налетающие частицы; равенства масс налетающие частицы; разных масс, отличающихся на порядки, налетающие частицы; нет правильного ответа.

Верный ответ: равенства масс налетающие частицы;

9. Неупругие процессы столкновения атомных частиц

Ответы:

процессы, при которых происходит изменение внутреннего состояния одной из них; процессы, при которых не происходит изменение внутреннего состояния одной из них; процессы, при которых происходит изменение внешнего состояния одной из них; нет правильного ответа.

Верный ответ: процессы, при которых происходит изменение внутреннего состояния одной из них;

10. Перечислите каналы формирования потока обратно отражённых электронов:

Ответы:

за счет маловероятных отклонений на большие углы в однократных рассеяниях и рассеяниях малой кратности; многократные отклонения на малые углы; многократные отклонения на большие углы; всё вышеперечисленное.

Верный ответ: за счет маловероятных отклонений на большие углы в однократных рассеяниях и рассеяниях малой кратности; многократные отклонения на малые углы

11. Волновая функция полностью описывает состояние системы, состоящей из

Ответы:

одной частицы; нескольких частиц; одной или нескольких частиц; нет правильного ответа.

Верный ответ: одной или нескольких частиц

12. Требования, которые накладывают условие сохранения числа частиц на собственные функции во всей области изменения аргумента:

Ответы:

конечность, непрерывность, однозначность; непрерывность, однозначность; дискретность, конечность; нет правильного ответа.

Верный ответ: конечность, непрерывность, однозначность

13. Выберите верное утверждение:

Ответы:

формирование потока обратно отраженных электронов идет по двум каналам; формирование потока обратно отраженных электронов идет по трём каналам; формирование потока обратно отраженных электронов идет по одному каналу; нет правильного ответа.

Верный ответ: формирование потока обратно отраженных электронов идет по двум каналам

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 аттестационной составляющих.