

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАЗМЕ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Проверочная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

В.П. Афанасьев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

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

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

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

А.В. Дедов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение основ физики элементарных процессов в плазме для последующего использования полученных знаний при освоении последующих профильных дисциплин

### Задачи дисциплины

- освоение основных понятий физики плазмы, в том числе высокотемпературной плазмы, явлений, в ней происходящих и методов ее теоретического описания;
- освоение основных принципов формирования дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме;
- приобретение навыков расчета дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме;
- приобретение навыков восстановления из экспериментальных данных дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок	ИД-5 <sub>ПК-4</sub> Владеет подходами, направленными на получение данных о сечениях рассеяния в термоядерной плазме и данных о сечениях взаимодействия плазмы с материалами	знать: - основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме; - основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями.  уметь: - выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик; - применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам; - использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с конструктивными поверхностями.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Материал дисциплин: «Математика», «Физика (общая)», «Электродинамика», «Иностранный язык»

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 3 зачетных единицы, 108 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	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры	8	7	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры"</p>
1.1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	





													выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Введение стр. 4 – 6 [2], гл. 8, стр. 206-221
2	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], П. 1.1., стр. 6 – 23 [2], стр. 126-127
2.1	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
3	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха	25.7	8	-	2	-	-	-	-	-	15.7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], П. 1.2., стр. 24 – 41
3.1	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха	25.7	8	-	2	-	-	-	-	-	15.7	-	
4	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], П. 1.2.2., стр. 28 – 33
4.1	Нелокальные потери	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	

	энергии. Квантовомеханически й подход. Классическая дисперсионная теория													
5	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов	20	4	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], П. 1.2.5., стр. 37 –41
5.1	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов	20	4	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
6	Эксперименты по характеристическим потерям энергии	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], П. 2., стр. 45 – 57
6.1	Эксперименты по характеристическим потерям энергии	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	

**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. Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры

1.1. Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры

Особенности сечений элементарных процессов в высокотемпературной плазме. Взаимодействие электронов, ионов и излучений высокотемпературной плазмы с конструкционными материалами установок термоядерного синтеза. Дифференциальные и интегральные сечения процессов упругого и неупругого рассеяния. Моменты сечений, характерные пробеги и их физический смысл.

#### 2. Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений

2.1. Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений

Процессы рассеяния атомных частиц в высокотемпературной и низкотемпературной плазме. Упругое рассеяние электронов на атомах. Атом-атомное упругое рассеяние, обратное резерфордовское рассеяние, спектроскопия рассеяния медленных ионов, полуфеноменологические потенциалы упругого рассеяния.

#### 3. Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха

3.1. Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха

Неупругое рассеяние электронов, Оже-процесс. Неупругое атом-атомное рассеяние, критерий Мессе. Основные виды процессов парного соударения частиц в плазме и их характеристики. Теория Томпсона тройного процесса. Сечение ионизации, формула Бете-Блоха. Плазма твердого тела, рассеяние на плазмонах.

#### 4. Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория

4.1. Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория

Операторы, собственные функции, собственные значения. Уравнения Шредингера. Прохождение частиц и их отражение от потенциальных барьеров. Прохождение частиц и их отражение от потенциальных барьеров. Альфа распад, автоионизация. Водородоподобные системы. Статистическая модель атома. Двухатомная молекула. Упругие и неупругие столкновения частиц. Квантовая теория рассеяния частиц. Борновское приближение.

#### 5. Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов

5.1. Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов

Многokrатное упругое рассеяние. Формирование угловых распределениям упруго-отраженных электронов и ионов. Аprobация дифференциальных сечений упругого рассеяния.

#### 6. Эксперименты по характеристическим потерям энергии

### 6.1. Эксперименты по характеристическим потерям энергии

Торможение частиц в плазме. Экспериментальные методы измерения сечений, эффекты многократного рассеяния. Отрицательные ионы. Методы определения энергии связи электрона в отрицательном ионе. Образование отрицательных ионов. Фотораспад отрицательных ионов. Разрушение отрицательных ионов при столкновении с атомами.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Восстановление дифференциальных сечений неупругого рассеяния электронов из экспериментов по характеристическим потерям энергии электронов;
2. Аprobация дифференциальных сечений упругого рассеяния электронов на основе интерпретации экспериментов по угловым распределениям упруго-отраженных электронов;
3. Дифференциальные сечения неупругого рассеяния электронов. Дифференциальные сечения неупругого рассеяния ионов. Расчет параметров торможения ионов на основе фитинга с данными таблицами Андерсена и Цигглера;
4. Дифференциальные сечения упругого рассеяния электронов и ионов. Сечения Резерфорда и Хенли и Гринштейна. Расчет параметров сечений на основе фитинга с данными NIST.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями	ИД-5ПК-4	+						Тестирование/Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда
основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме	ИД-5ПК-4	+						Тестирование/Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха
<b>Уметь:</b>								
использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с конструктивными поверхностями	ИД-5ПК-4		+	+				Тестирование/Тест 3. Тест по энергоанализаторам
применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам	ИД-5ПК-4					+	+	Проверочная работа/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 КrС»)»)
выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик	ИД-5ПК-4			+	+	+	+	Проверочная работа/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»)
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Афанасьев, В. П. Сечения упругого и неупругого рассеяния электронов и легких ионов килоэлектронвольтовых энергий в твердых телах : учебное пособие по курсам "Физика элементарных процессов в плазме", "Взаимодействие частиц и излучений с конструкционными материалами" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. П. Афанасьев, С. Д. Федорович, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 59 с. - ISBN 978-5-7046-1894-2 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9991>;
2. Р. Ньютон- "Теория рассеяния волн и частиц", Издательство: "Мир", Москва, 1969 - (600 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483306>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка

		лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Элементарные процессы в плазме

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда (Тестирование)
- КМ-2 Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха (Тестирование)
- КМ-3 Тест 3. Тест по энергоанализаторам (Тестирование)
- 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») (Проверочная работа)
- 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») (Проверочная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры						
1.1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры		+	+			
2	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений						
2.1	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений				+		
3	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха						
3.1	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха				+	+	
4	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория						
4.1	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория					+	
5	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов						

5.1	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов				+	+
6	Эксперименты по характеристическим потерям энергии					
6.1	Эксперименты по характеристическим потерям энергии				+	+
Вес КМ, %:		15	15	15	25	30