

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯЭ О.Н. Шишова

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Теория переноса нейтронов»**

Разработчик	Кафедра "Проектирование и эксплуатация АЭС"
Направление (специальность) подготовки	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Наименование ООП	14.05.02_01 Проектирование и эксплуатация атомных станций
Квалификация (степень) выпускника	<b>инженер-физик</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС СПбПУ</b>
Форма обучения	<b>Очно-заочная</b>

Руководитель ОП А.В. Ельшин

Соответствует СУОС СПбПУ

Утверждена протоколом заседания  
кафедры "ПиЭАЭС"

от «08» мая 2018 г. № 12

Аннотацию разработал:

Заведующий кафедрой, д.т.н., с.н.с. А.В. Ельшин

## Цели освоения дисциплины

1. Цель дисциплины – ознакомить студентов с основными законами взаимодействия нейтронов с веществом, способами описания пространственно-энергетического распределения нейтронов в средах.
2. Планируемые результаты изучения дисциплины: В результате освоения дисциплины студент должен знать: закономерности диффузии нейтронов в средах и распределения нейтронных полей в средах; закономерности замедления нейтронов среде; закономерности процесса термализации нейтронов. Уметь: решать задачи применительно к реальным процессам; оценивать распределения нейтронов в размножающих и не размножающих средах. Владеть: методами расчета макросечений взаимодействия материалов с нейтронами.

## Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ИД-21 ОПК-1	Применяет соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования при решении профессиональных задач в области нейтронной физики

## Планируемые результаты изучения дисциплины

### знания:

- Знает основные закономерности физико-математического аппарата в области нейтронной физики

### навыки:

- Владеет навыками проведения экспериментального исследования в области ядерной физики

## Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очно-заочная форма
Лекционные занятия	32
Практические занятия	16
Самостоятельная работа	78
Часы на контроль	54
Общая трудоемкость освоения дисциплины	180, ач
	5, зет

## Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очно-заочная форма
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	1

## Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Основные понятия теории переноса нейтронов. Сечения ядерных реакций. Виды реакций. Зависимость сечений от энергии. Реакция деления</b>	Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами. Плотность и плотность потока нейтронов, микроскопические и макроскопические сечения, плотность ядер в среде разного химического состава. Скорости реакций. Обзор нейтронных сечений. Области энергий нейтронов - тепловая, промежуточная, быстрая. Классификация ядер по атомному весу. Зависимости нейтронных сечений основных реакторных материалов от энергии.
<b>2. Понятие о диффузии нейтронов</b>	Понятие о процессе диффузии в физике. Особенности распространения нейтронов в среде. Особенности диффузии тепловых нейтронов.
<b>3. Термализация нейтронов. Спектр Максвелла. Температура нейтронного газа</b>	Термализация нейтронов. Тепловое равновесие в среде. Спектр Максвелла. Изменение Спектра Максвелла - диффузионный разогрев спектра. Учет разогрева спектра через температуру нейтронного газа
<b>4. Параметры, определяющие диффузию нейтронов в пространстве. Длина пробега. Длина диффузии</b>	Длина свободного пробега. Длина пробега до поглощения. Формула Эйнштейна. Длина диффузии. Угол рассеяния. Макроскопическое сечение.
<b>5. Закон Фика для нейтронов. Односторонние токи. Диффузионное приближение</b>	Условия применимости модели диффузии. Односторонние токи, суммарный ток. Вывод выражений для односторонних токов в среде, выражение суммарного тока. Закон Фика
<b>6. Уравнение диффузии. Граничные условия. Экспоненциальные опыты (стационарный и нестационарный) на тепловых нейтронах</b>	Получение уравнения диффузии. Диффузионная длина. Граничные условия на границе раздела двух сред - непрерывность функций. Граничные условия на границе с вакуумом, экстраполированная длина. Уравнение диффузии в трех геометриях. Решение неоднородного уравнения для трех геометрий с источниками. Собственные функции однородного уравнения. Физический смысл длины диффузии

<b>7. Замедление нейтронов в бесконечных средах. Рассеяние нейтронов на неподвижном ядре. Законы рассеяния. Число столкновений, необходимых для замедления. Летаргия нейтронов</b>	Рассеяние нейтронов в системе координат - лабораторной и центра инерции. Связи скоростей, углов рассеяния. Предельные случаи лобового и скользящего столкновений. Максимальная потеря энергии, ступенька рассеяния, альфа. Изотропное рассеяние. Равновероятное статистическое распределение рассеянных нейтронов. Получение средней энергии нейтронов; средней потери энергии при рассеянии. Летаргия, шкала летаргии
<b>8. Энергетическое распределение замедляющихся нейтронов в бесконечных гомогенных средах. Плотность замедления. Спектр Ферми</b>	Вывод уравнения замедления в бесконечной среде для водорода без поглощения, водорода с поглощением, любого ядра без поглощения и с поглощением. Спектры замедляющихся нейтронов. Спектр Ферми
<b>9. Замедление нейтронов в среде с поглощением. Вероятность избежать поглощения при замедлении. Эффективный резонансный интеграл</b>	Получение выражения для вероятности избежать поглощения при замедлении. Резонансный интеграл. Бесконечный резонансный интеграл и эффективный резонансный интеграл. Зависимость эффективного резонансного интеграла от разбавления основного поглотителя ядрами среды и от температуры
<b>10. Пространственное распределение замедляющихся нейтронов. Модель непрерывного замедления. Возраст нейтронов</b>	Связь времени замедления и летаргии. Решение нестационарного уравнения диффузии. Понятие возраста нейтронов. Распределение нейтронов по пробегам.
<b>11. Уравнение возраста</b>	Длина замедления. Возраст нейтронов. Примеры решения уравнения возраста (простейшие формы источников, нитевидные источники),
<b>12. Уравнение замедления нейтронов.</b>	Возможность измерения возраста. Замедление нейтронов на водороде без поглощения. Замедление нейтронов на водороде с поглощением. Замедление нейтронов в двухкомпонентной среде.
<b>13. Понятие о многогрупповом приближении</b>	Энергетические группы. Групповые макроскопические сечения. Групповая библиотека констант. Групповое уравнение диффузии. Критерии выбора числа энергетических групп.
<b>14. Уравнение переноса нейтронов. Граничные условия. Баланс нейтронов в реакторе. Учет запаздывающих нейтронов</b>	Получение интегро-дифференциального уравнения переноса нейтронов в среде. Интегралы рассеяния и деления. Источники. Общие граничные условия. Уравнение переноса в интегральном виде