

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Линник Оксана Владимировна  
Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 13.10.2022 14:19:37  
Уникальный программный ключ:  
d85fa2f259a0913da9b08799985891736430181f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Снежинский физико-технический институт -  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СФТИ НИЯУ МИФИ)»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной  
и научно-методической работе

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г.

\_\_\_\_\_ П.О.Румянцев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория переноса нейтронов

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки «Экспериментальная ядерная физика»

Квалификация (степень) выпускника Магистр

Форма обучения очная

г. Снежинск, 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Теория переноса нейтронов» является ознакомление студентов с основами формирования нейтронных полей в веществе, с основными методами оценки и расчетов характеристик нейтронных полей и характеристик нейтронных реакций в нейтронных полях, формируемых в различных устройствах.

Задача изучения дисциплины «Теория переноса нейтронов» состоит в том, чтобы дать необходимые для понимания работы ядерных устройств сведения по ядерной физике и теории переноса частиц, природе взаимодействия нейтронов с веществом.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б1.В.03 «Теория переноса нейтронов» относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП ВО по направлению подготовки «Ядерная физика и технологии». Курс «Теория переноса нейтронов» посвящен одному из важных разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков. «Теория переноса нейтронов» изучается на втором курсе в третьем семестре обучения.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин (практик) учебного плана: Методология научного познания (Б1.О.02), Специальные главы высшей математики (Б1.О.04), Ядерная физика (Б1.О.05), Теория прохождения заряженных частиц и гамма-квантов в веществе (Б1.О.06), Экспериментальные методы ядерной физики (Б1.В.05), Современные источники и детекторы нейтронов (Б1.В.08).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

В результате изучения дисциплины обучающимися должны быть освоены следующие компетенции:

ПК-3 – Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности.

ПК-4 – Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Физические основы взаимодействия нейтронов с веществом;
- Функции распределения и сечения взаимодействия нейтронов с атомными ядрами;
- Уравнение переноса нейтронов, его формы и методы решения;

- Решения уравнения переноса нейтронов в односкоростном приближении;
- Особенности замедления нейтронов;
- Особенности термализации нейтронов;
- Особенности переноса нейтронов больших энергий.

Уметь:

- использовать физические основы взаимодействия нейтронов с атомными ядрами и их переноса в веществе;
- оценивать характеристики нейтронных полей и скоростей ядерных реакций;
- оценивать распределения нейтронов от различных источников нейтронов в пространстве;
- осуществлять поиск информации по полученному заданию, сбор, анализ данных, необходимых для решения поставленных физических и технических задач;
- применять информационные технологии для решения физических и технических задач.

Владеть:

- методологическими подходами к выбору средств оценки или расчета характеристик нейтронных полей в ядерных физических установках;
- навыками проведения оценок или расчетов характеристик нейтронных полей в ядерных физических установках;
- навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии;
- навыками профессиональной аргументации при разборе какой-либо проблемы в профессиональной деятельности;
- программным обеспечением для работы с физической и технической информацией и основами Интернет - технологий.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем- кость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Контроль, час.	СРС, час.	Форма контроля, экз./зачет
3	3	108	17	17	36	38	Экзамен

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 ЗЕТ, 108 часов.

#### Содержание и раскрытие тем занятий:

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттеста- ция раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раз- дел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
<b>3 семестр</b>								
1	Свойства нейтронов, взаимодействие с веществом, основные нейтронные реакции. Функции распределения	1	1	1		Конспект		3

	нейтронов и скорости реакций							
2	Сечения взаимодействия нейтронов с атомными ядрами, средний свободный пробег	2	1	1		Конспект		3
3	Энергетические зависимости сечений взаимодействия нейтронов с атомными ядрами	3	1	1		Конспект		3
4	Уравнение переноса нейтронов и его формы	4	1	1		Конспект		3
5	Задачи переноса нейтронов (задача с источником и условно-критическая задача). Обзор численных методов решения уравнения переноса нейтронов	5	1	1		Конспект		3
6	Ценность нейтронов	6	1	1		Конспект		3
7	Решение уравнения переноса нейтронов в односкоростном приближении для поглощающих сред	7	1	1		Конспект		3
8	Среда с поглощением и рассеянием нейтронов	8	1	1		Конспект		3
9	Среда с воспроизводством нейтронов. Критические размеры и массы. Зависимость эффективного коэффициента размножения нейтронов от размеров системы	9	1	1		Конспект		3
10	Особенности замедления нейтронов в веществе. Замедление нейтронов при неупругом рассеянии	10	1	1		Конспект		3
11	Замедление нейтронов при упругом рассеянии	11	1	1		Конспект		3
12	Стационарное замедление нейтронов в бесконечной среде	12	1	1		Конспект		3
13	Нестационарное замедление нейтронов в бесконечной среде;	13	1	1		Конспект		3
14	Нестационарная диффузия и замедление нейтронов	14	1	1		Конспект		3
15	Общее рассмотрение эффектов термализации нейтронов. Уравнение	15	1	1		Конспект		3

	переноса нейтронов в среде с движущимися атомными ядрами. Законы рассеяния нейтронов							
16	Модель одноатомного газа в термализации нейтронов	16	1	1		Конспект		3
17	Особенности переноса нейтронов больших энергий	17	1	1		Конспект		2
Всего:			17	17				50
	Экзамен							50
	Итого за 3 семестр:							100

### Раскрытие лекционных тем и тем практических занятий

Тема 1. Взаимодействие нейтронов с веществом.

1. Физические свойства нейтрона. Электромагнитное взаимодействие нейтронов с веществом. Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами. Основные процессы взаимодействия нейтронов с ядрами.

2. Функции распределения, сечения взаимодействия, средний свободный пробег нейтронов.

3. Оценка энергетических зависимостей сечений без учета внутренней структуры ядер.

4. Элементы квантовой теории рассеяния нейтронов;

5. Составное ядро и взаимодействие нейтронов с ядрами;

6. Условие изотропного рассеяния

7. Обзор энергетических зависимостей сечений взаимодействия нейтронов с атомными ядрами.

8. Библиотеки оцененных ядерных данных.

9. Измерение сечений нейтронных реакций.

Тема 2. Уравнение переноса нейтронов, его формы и методы решения.

10. Интегро-дифференциальное уравнение переноса.

11. Приближенные формы уравнения переноса нейтронов.

12. Задачи переноса нейтронов (задача с источником и условно-критическая задача).

13. Обзор численных методов решения уравнения переноса нейтронов.

14. Ценность нейтронов.

Тема 3. Решения уравнения переноса нейтронов в односкоростном приближении.

15. Поглощающие среды.

16. Среда с поглощением и рассеянием нейтронов.

17. Среда с воспроизводством нейтронов. Критические размеры и массы. Зависимость эффективного коэффициента размножения нейтронов от размеров системы.

Тема 4. Замедление нейтронов.

18. Особенности замедления нейтронов в веществе;
19. Особенности замедления нейтронов при неупругом рассеянии;
- 20.. Замедление нейтронов при упругом рассеянии;
21. Стационарное замедление нейтронов в бесконечной среде;
22. Нестационарное замедление нейтронов в бесконечной среде;
24. Нестационарная диффузия и замедление нейтронов

Тема 5. Термализация нейтронов.

25. Общее рассмотрение эффектов термализации нейтронов;
26. Уравнение переноса нейтронов в среде с движущимися атомными ядрами;
27. Законы рассеяния нейтронов;
28. Модель одноатомного газа в термализации нейтронов

Тема 6. Особенности переноса нейтронов больших энергий.

29. Особенности взаимодействия нейтронов больших энергий с веществом.
30. Особенности переноса нейтронов больших энергий.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации Word, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО 14.04.02 «Ядерная физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. Разбор задач и поиск их решения проводится в рамках практических занятий на каждой учебной неделе и в часы, отведённые на контролирующую самостоятельную работу. Занятия проводятся в интерактивной форме общения студентов между собой при поиске метода решения поставленной задачи и оформлении решения. Преподаватель обеспечивает консультационное сопровождение процесса поиска решения.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль усвояемости знаний проводится посредством проверки конспектов лекций. Экзамен проводится в классической форме.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

- 7.1. Е.А.Крамер-Агеев, В.Н.Лавренчик, В.Т.Самосадный, В.П.Протасов. Экспериментальные методы нейтронных исследований. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 7.2. Н.А.Власов. Нейтроны. М.: Наука, 1971.
- 7.3. К.Бекурц, К.Виртц. Нейтронная физика. М.: Атомиздат, 1968.
- 7.4. Ю.В. Стогов. Основы нейтронной физики: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008. – 204 с.

### **Дополнительная литература:**

Студентам предоставляется учебное пособие в электронной форме.

Дополнительное программное обеспечение не требуется.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) Учебная аудитория для проведения занятий практического типа (л212), укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- Ноутбук HP;
- Проектор ACER X1260

б) Помещение для самостоятельной работы обучающихся (л318), оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:

- Персональный компьютер на базе Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) – 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) – 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 27.07.2021 г., протокол №21/11.

Разработчик: старший преподаватель кафедры  
Ядерной физики и спецтехнологий \_\_\_\_\_

(подпись)

Аникин Н.Б.  
(Ф.И.О.)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Журавлев А.П.  
(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускающая кафедра, курирующая специальность, для которой читается данная дисциплина	Ф.И.О. заведующего данной выпускающей кафедрой	Решение заведующего выпускающей кафедрой по согласованию данной рабочей программы	Подпись заведующего выпускающей кафедрой и дата
1	2	3	4

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

на 20\_\_ / 20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры Общей физики

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Зав. кафедрой ОФ \_\_\_\_\_ к.х.н. Колмогорцев А.М.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой направления подготовки (специальности)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой Ядерной физики и спецтехнологий \_\_\_\_\_ Журавлев А.П.

**Утверждаю**

Зам. руководителя по учебной и научно-методической работе

\_\_\_\_\_ П.О. Румянцев