

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**и.о. директора физтех-школы
физики и исследований им.
Ландау**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы моделирования физических процессов переноса
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.Л. Шимкевич, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры моделирования ядерных процессов и технологий 18.05.2020

Аннотация

Студент должен уметь на основе этого подхода создавать компьютерные модели для описания процессов переноса излучений в сложных средах. Показателем владения материалом служит умение решать задачи и ориентироваться в круге вопросов, связанных с проблемами переноса проникающих излучений. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо разработка программ и алгоритмов численного решения уравнения Больцмана. В результате изучения дисциплины студент должен получить основные знания для практического решения прикладных физических задач в области ядерных энерготехнологий, исследований свойств материалов для противорадиационной защиты.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- дать основы экспериментальных методов описания переноса излучений в сложных средах и композициях;
- изложение основ экспериментальных методик измерения радиационных процессов;
- детально ознакомить студентов с консервативным проекционным методом как для одноатомного газа, так и для смесей газов с различными молекулярными массами.

Задачи дисциплины

- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Обучение дискретной реализации начальных и граничных условий.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-2 Способен анализировать полученные в	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные физические принципы и методы кинетической теории Больцмана, физические явления, лежащие в основе методов переноса излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- решать поставленные задачи в области физики переноса излучений.

владеть:

- основами методов экспериментального моделирования проникающих излучений, методами разработки проблемно-моделирующих сред.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Виды взаимодействия ядерных излучений с веществом, практическое использование их характеристик при решении задач радиационной безопасности и защиты.	10			25
2	Меры количества излучения, дозы и нормы облучения.	10			25
3	Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.	10			25
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 5 (Осенний)

1. Виды взаимодействия ядерных излучений с веществом, практическое использование их характеристик при решении задач радиационной безопасности и защиты.

Нейтроны: сечение взаимодействия, парциальные сечения упругого и неупругого рассеяния, захвата (радиационного и с испусканием заряженных частиц), деления, пороговых реакций; особенности взаимодействия с ядрами легких и тяжелых элементов; рассеяние нейтронов протонами; энергетическая и угловая зависимость сечений.

Фотоны: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, эффект образования пар, фотоядерные реакции. Особенности взаимодействия с атомами легких и тяжелых элементов, энергетическая зависимость сечений; анизотропия комптоновского рассеяния фотонов, зависимость от энергии квантов, формула Кляйна - Нишины - Тамма.

2. Меры количества излучения, дозы и нормы облучения.

Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения.

Эквивалентная поглощенная доза, коэффициенты качества (весовые множители) различных видов излучения, группы критических органов (тканевые весовые множители), мощность дозы, единицы измерения, эквивалентная доза смешанного облучения.

3. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Организация работ с применением источников ионизирующих излучений. Получение, учет, хранение и перевозка источников. Работа с закрытыми источниками излучений и радиоактивными веществами в открытом виде. «Безопасные» приемы работы, примеры и правила личной гигиены. Радиационный контроль за работой персонала.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная рабочими станциями, объединенными в сеть

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Защита от ионизирующих излучений [Текст] : в 2 т., . Т. 1 Физические основы защиты от излучений / Н. Г. Гусев, В. А. Климанов, В. П. Машкович, А. П. Суворов ; под ред. Н. Г. Гусева ; 3-е изд., перераб. и доп. - М. Энергоатомиздат, 1989
2. Защита от ионизирующих излучений [Текст] : в 2 т., Т. 2 Защита от излучений ядерно-технических установок / Н. Г. Гусев, Е. Е. Ковалев, В. П. Машкович [и др.] ; под ред. Н. Г. Гусева ; 3-е изд., перераб. и доп. - М. Энергоатомиздат, 1990
3. Черемисин. Решение кинетического уравнения Больцмана для высокоскоростных течений. — ЖВМ и МФ, 2006. — Т. 46, № 2. — С. 329–343.
4. A. A. Raines, F. G. Tcheremissine. Structure of shock waves. In: High temperature phenomena in shock waves. — Berlin-Heidelberg: Springer, 2012. — V. 7 (7). — P. 231–269.
5. Ф. Г. Черемисин. Решение кинетического уравнения Больцмана для многоатомного газа. — ЖВМ и МФ, 2012. — Т. 52, № 2. — С. 270–287.

Дополнительная литература

1. Радиация: дозы, эффекты, риск [Текст] = Radiation: doses, effects, risks/пер. с англ. Ю. А. Банникова, -И., Мир, 1988
2. Молекулярная теория газов и жидкостей [Текст]/Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд, -М., Инстр.лит., 1961

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающиеся используют следующие информационные технологии как GMSH, MPI, OpenGL.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студенты, изучающие курс «Основы моделирования физических процессов переноса», должны овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен получить основные знания для практического решения прикладных физических задач в области ядерных энерготехнологий, исследований свойств материалов для противорадиационной защиты. Студент должен уметь на основе этого подхода создавать компьютерные модели для описания процессов переноса излучений в сложных средах. Показателем владения материалом служит умение решать задачи и ориентироваться в круге вопросов, связанных с проблемами переноса проникающих излучений. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо разработка программ и алгоритмов численного решения уравнения Больцмана.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к преподавателю.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
курс:	<u>3</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.Л. Шимкевич, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы моделирования физических процессов переноса» обучающийся должен:

знать:

- основные физические принципы и методы кинетической теории Больцмана, физические явления, лежащие в основе методов переноса излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- решать поставленные задачи в области физики переноса излучений.

владеть:

- основами методов экспериментального моделирования проникающих излучений, методами разработки проблемно-моделирующих сред.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Не предусмотрено.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Взаимодействие нейтронов с веществом.
2. Полное и парциальные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами
3. Неупругое рассеяние нейтронов
4. Энергетический порог реакции
5. Угловое и энергетическое распределение рассеянных нейтронов
6. Вторичное гамма-излучение.
7. Радиационный захват нейтронов
8. Захват нейтронов без образования вторичного гамма- излучения.
9. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.
10. Фотоэлектрическое поглощение гамма-квантов, сопутствующее рентгеновское и тормозное излучения.
11. Комптоновское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния).
12. Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение.
13. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.
14. Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери энергии α -частиц
15. Коэффициент торможения вещества.
16. Кривая Брэгга.
17. Интегральный и дифференциальный спектры пробегов.
18. Электроны. Радиационные и ионизационные потери энергии
19. Приближенные соотношения для расчета пробега заряженных частиц в веществе.
20. Релаксационная модель.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Взаимодействие нейтронов с веществом. Полное и парциальные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами.
2. Комптоновское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния).

Билет 2.

1. Неупругое рассеяние нейтронов
2. Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение.

Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении оценивания знаний обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.