

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Физические основы экологически чистых источников энергии
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование ядерных процессов и технологий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

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

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 45 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.Ф. Цибульский, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры моделирования ядерных процессов и технологий 18.05.2020

## Аннотация

Студенты, изучающие курс «Физические основы экологически чистых источников энергии» должны овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен иметь основные представления о физических процессах, лежащих в основе кинетической теории Больцмана, уметь задавать граничные условия для различных задач кинетической теории, рассчитывать и анализировать газокINETические процессы переноса, рассчитывать основные физические характеристики газокINETических процессов, знать области применения компьютерного моделирования к Кнудсеновским микронасосам различного типа. Студент должен овладеть проекционным методом вычисления интеграла столкновений уметь на основе этого подхода создавать компьютерные модели для описания газокINETических процессов в микроустройствах.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение студентами основ описания переноса излучений и газов в различных средах и системах;
- ознакомление с основными положениями кинетической теории, введение в описание терминологии;
- ознакомление с основными физическими принципами описания процессов переноса.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация 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-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
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-5.2 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	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики

предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
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-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы физики проникающих излучений и газов в задачах ядерных технологий.

уметь:

- на основе общих физических принципов решать основные учебные задачи физики переноса.

владеть:

- основами экспериментальных и теоретических методов анализа физических процессов переноса проникающих излучений и газов в средах.

### 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	Введение в дисциплину.	15			20
2	Виды ядерных излучений.	15			20
3	Основные физические характеристики газа.	15			20
Итого часов		45			60
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. Введение в дисциплину.

Краткая историческая справка о возникновении и развитии проблемы радиационной безопасности и противорадиационной защиты. Предмет изучения, круг рассматриваемых вопросов. Значение и роль дисциплины в различных областях использования ядерной энергии.

## 2. Виды ядерных излучений.

Виды ядерных излучений, степень их опасности и значимости в проблеме радиационной безопасности и защиты ЯЭУ. 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 физические характеристики газа.

Молекулярные потенциалы. Бинарные столкновения и длина свободного пробега молекул. Критерии разреженности газа. Элементарная теория процессов переноса в газе. Функция распределения молекулярных скоростей. Определение макропараметров газа по функции распределения. Газ в состоянии термодинамического равновесия.

## 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. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 10 : Физическая кинетика : учеб. пособие для вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 2-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2001, 2002, 2007 .— 536 с.
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 5, Ч. 1 : Статистическая физика : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2001, 2002, 2005, 2010 .— 616 с.
3. Динамика разреженного газа. Кинетическая теория [Текст]/М. Н. Коган, -М., Наука, 1967
4. Математическая теория неоднородных газов [Текст] = The mathematical theory of non-uniform gases, монография/С. Чепмен, Т. Каулинг , -М, Изд-во иностр. лит., 1960

### Дополнительная 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. Численные методы расчета ядерных реакторов [Текст], монография/Г. И. Марчук, -М., Атомиздат, 1995
4. Д.Белл, С. Глестон Теория ядерных реакторов, - М.: Атомиздат,1974.

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

<http://lib.mipt.ru/catalogue/1604/?t=492> – электронная библиотека Физтеха

## 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 «Физические основы экологически чистых источников энергии» должны овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен иметь основные представления о физических процессах, лежащих в основе кинетической теории Больцмана, уметь задавать граничные условия для различных задач кинетической теории, рассчитывать и анализировать газокINETические процессы тепломассопереноса, рассчитывать основные физические характеристики газокINETических процессов, знать области применения компьютерного моделирования к Кнудсеновским микронасосам различного типа. Студент должен овладеть проекционным методом вычисления интеграла столкновений уметь на основе этого подхода создавать компьютерные модели для описания газокINETических процессов в микроустройствах. Показателем владения материалом служит умение решать задачи и ориентироваться в круге вопросов, связанных с проблемами течений неразрезанного газа в микроструктурах. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо разработка программ и алгоритмов численного решения уравнения Больцмана.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование ядерных процессов и технологий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра моделирования ядерных процессов и технологий
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	В.Ф. Цибульский, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

## 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-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
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-5.2 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-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-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физические основы экологически чистых источников энергии» обучающийся должен:

### знать:

- принципы и методы физики проникающих излучений и газов в задачах ядерных технологий.

### уметь:

- на основе общих физических принципов решать основные учебные задачи физики переноса.

### владеть:

- основами экспериментальных и теоретических методов анализа физических процессов переноса проникающих излучений и газов в средах.

### 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. Проблемы радиационной безопасности и противорадиационной защиты.
2. Виды ядерных излучений.
3. Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения.
4. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения.
5. Эквивалентная поглощенная доза,
6. Коэффициенты качества (весовые множители)
7. Основные физические характеристики газа.
8. Молекулярные потенциалы.
9. Бинарные столкновения и длина свободного пробега молекул.
10. Критерии разреженности газа.
11. Элементарная теория процессов переноса в газе.
12. Функция распределения молекулярных скоростей.
13. Определение макропараметров газа по функции распределения.
14. Газ в состоянии термодинамического равновесия.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Элементарная теория процессов переноса в газе.
2. Функция распределения молекулярных скоростей.

Билет 2.

1. Аннигиляционное гамма-излучение. Зависимость указанных процессов от энергии гамма-квантов, заряда ядра.
2. Полный коэффициент ослабления для легких и тяжелых материалов

Билет 3.

1. Виды ядерных излучений.
2. Бинарные столкновения и длина свободного пробега молекул.

Билет 4.

1. Ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частиц и протонов.
2. Коэффициент торможения вещества.

### 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 не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.