

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан физического факультета  
С. Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Физика плазмы**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Фундаментальная физика»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК 2 – Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.
- ПК 1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 – Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования.

ИПК 1.1 - Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Освоить понятийный и математический аппарат, используемый для описания движения плазмы
- Научиться применять понятийный аппарат для решения практических задач профессиональной деятельности

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 7, зачет.

Семестр 8, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины обучающимся студентам необходимы знания следующих курсов: Общая физика, Электродинамика, Обыкновенные дифференциальные уравнения.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

- лекции: 56 ч.;
- практические занятия: 16 ч.;

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Термодинамика плазмы.

Статистика заряженных частиц. Статистическая сумма и свободная энергия плазмы. Химический потенциал заряженных частиц.

Тема 2. Равновесная плазма.

Ионизация в равновесной плазме. Степень ионизации. Многократная ионизация. Дисперсная и атомная плазма. Внутренняя энергия плазмы. Поступательная, колебательная, вращательная и электронная энергия. Теплоемкость равновесной плазмы.

Тема 3. Транспортные свойства плазмы.

Теплопроводность и электропроводность плазмы. Высокочастотные свойства плазмы. Металлическая плазма.

Тема 4. Излучение плазмы.

Линейчатый и сплошной спектр. Тормозное излучение. Рекомбинационное излучение. Когерентное излучение.

Тема 5. Функция распределения и кинетическое уравнение.

Бесстолкновительная плазма. Уравнение Власова. Система уравнений для поля и частиц. Микро- и макрополе. Интеграл столкновений. Слабоионизованный газ и кулоновская плазма. Приближение времени релаксации. Уравнение Фоккера-Планка. Модельный интеграл столкновений БГК. Методы решения кинетического уравнения. Метод последовательных приближений. Процессы переноса в слабоионизованном газе.

Тема 6. Функция распределения электронов в слабоионизованном газе.

Распределение Дривестейна. Влияние неупругих столкновений. Функция распределения электронов в переменном электрическом поле. Расчет коэффициента ионизации и коэффициентов переноса в слабоионизованной плазме. Влияние магнитного поля на функцию распределения электронов. Замагниченная плазма

Тема 7. Кулоновская плазма.

Сечение кулоновских столкновений. Приближение интеграла столкновений Ландау. Обмен энергией между электронной и ионной компонентами плазмы. Сопротивление плазмы. Спитцеровская проводимость. Убегающие электроны.

Тема 8. Гидродинамическое приближение.

Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение для потока энергии. Применимость гидродинамического приближения. Плазма как жидкость. Двухжидкостная и одножидкостная модели плазмы. Плазменное приближение. Модель идеальной жидкости.

Тема 9. Движение плазмы в магнитном поле.

Поперечный дрейф. Продольное магнитному полю движение. Диамагнитный ток и диамагнетизм плазмы. Тензор магнитных натяжений. Магнитная гидродинамика. Диффузия магнитного поля в плазме. Вмороженность линий магнитной индукции в плазму. Пересоединение магнитных линий. Турбулентное динамо.

Тема 10. Равновесные конфигурации плазмы.

Теорема о невозможности самоудержания плазмы. Уравнение Шафранова. Плазменный шнур и плазменный тор. Устойчивость границы плазмы. Поверхностные волны. Неустойчивости Релея-Тейлора. Методы стабилизации границы плазмы.

Тема 11. Диффузия полностью ионизованной плазме.

Амбиполярная диффузия. Разлет плазменного сгустка. Классическая диффузия поперек магнитного поля и диффузия Бома. Неоклассическая диффузия. Диффузия и

проводимость плазмы поперек магнитного поля. Эффект Холла. Холловский ток и холловское поле. МГД-генератор.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в седьмом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

**Экзамен в восьмом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21842>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Ю. П. Райзер. / Физика газового разряда // Долгопрудный: Издательский дом Интеллект, 2009.

– И. А. Котельников. / Лекции по физике плазмы // Москва: Бинوم, 2014.

– В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977.

– Ф. Чен. Введение в физику плазмы. М.: Мир, 1987.

б) дополнительная литература:

– Д. А. Франк-Каменецкий. Лекции по физике плазмы. Любое издание.

– Л. А. Арцимович, Р. З. Сагдеев. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.

– Б. М. Смирнов. Физика слабоионизованного газа. М.: Наука, 1978.

– М. Митчнер, Ч. Кругер. Частично ионизованные газы. М.: Мир, 1976.

– А. Б. Михайловский. Теория плазменных неустойчивостей. Т. 1,2. М.: Атомиздат, 1977.

– В. Л. Грановский. Электрический ток в газе (установившийся ток). М.: Наука, 1971

## **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Семенюк Наталья Степановна, физический факультет НИ ТГУ, доцент