

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

Физический факультет



УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета

С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Типы газовых разрядов и их применения**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

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

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**


Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.03.08

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 О.Н. Чайковская

Председатель УМК

 О.М. Сюсина

Томск – 2021

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 – Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости

– ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Освоить компетенции, указанные в предыдущем разделе. Освоить основы применения полученных знаний для постановки и решения своих задач применительно к физике и технике газовых разрядов.

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

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 3, экзамен.

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

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования. В частности, необходимы знания по курсам, относящимся к физике и технике, в частности, по курсам: Физика газового разряда, Современные проблемы физики газового разряда, Мощная импульсная техника, Физика пучков заряженных частиц, Диагностика плазмы.

## **6. Язык реализации**

Русский.

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

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

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Классификация разрядов. Анализ монографий и текущих статей по физике и применению газовых разрядов. Особенности разрядов низкого и высокого давления в плане механизма инициирования и поддержания тока. Выделение актуальных направлений исследований и применений.

Тема 2. Виды тлеющих разрядов низкого давления. Тлеющий разряд с полым катодом. Тлеющие разряды при наличии магнитного поля. Применения разрядов типа тлеющего в сильноточных коммутирующих приборах, в источниках электронов и ионов, для плазменной модификации поверхностей.

Тема 3. Предпробойные токи в вакуумных промежутках. Механизм пробоя вакуумных промежутков. Применение вакуумного разряда для генерации импульсных электронных пучков. Применение вакуумного разряда в коммутирующих приборах и в вакуумных прерывателях тока.

Тема 4. Несамостоятельные разряды при атмосферном давлении газа. Способы инициирования импульсных разрядов и поддержания стационарных разрядов. Применение разрядов в ионизационных камерах различных типов.

Тема 5. Коронный разряд в газе при атмосферном давлении. Особенности положительной и отрицательной короны. Коронный разряд при переменном напряжении. Проблема потерь энергии за счет коронного разряда в линиях электропередач. Применение коронного разряда в электрофильтрах. Применения в плазмохимии. Применения для модификации поверхностей.

Тема 6. Импульсный пробой в условиях небольших перенапряжений и при высоких перенапряжениях. Механизмы инициирования начальных электронов. Время запаздывания пробоя. Методы запуска разрядников высокого давления и способы получения наносекундной стабильности срабатывания разрядников. Модели для описания процессов в стадии запаздывания пробоя и в стадии коммутации.

Тема 7. Самостоятельные объемные разряды в газах высокого давления. Разряд с внешней ионизацией газа пучком быстрых электронов. Проблема перехода объемного разряда в искровой и методы получения объемных разрядов, не переходящих в искру. Применения импульсных объемных разрядов в газовых лазерах

Тема 8. Разряды атмосферного давления в потоке газа. Механизм переноса тока в столбе разряда и в струе плазмы. Применения разрядов для плазменного поддержания горения. Биомедицинские применения плазменных струй. Применения низкотемпературных струй для обработки полимеров.

Тема 9. Импульсные разряды в жидких диэлектриках. Механизмы пробоя в дистиллированной воде и в электролитах. Применения жидких диэлектриков как высоковольтной изоляции. Применение разрядов в электролитах

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

Текущий контроль по дисциплине включает в себя контроль посещаемости и оценку активность студентов на практических занятиях.

Контрольной точкой является предоставление студентами рефератов по заранее выбранным темам и обсуждение рефератов на практических занятиях. Допуском к зачету является представление рефератов и публичное обсуждение рефератов.

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

Результат промежуточной аттестации оценивается по качеству подготовленного реферата и по качеству его представления.

Примерные содержания рефератов соответствуют темам 1–9 из содержания дисциплины. Название и детализация темы каждого реферата уточняется с учетом выбора студента, в частности, с учетом привязки к курсовым работам, выполняемым студентом.

## **11. Порядок проведения экзамена**

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Каждый билет содержит два вопроса, относящихся к двум разным темам. После подготовки студент отвечает на вопросы билета и в случае необходимости на дополнительные вопросы по смежным темам.

## **12. Литература для зачета и экзамена**

1. Ю. Д. Королев, Г.А. Месяц. Физика импульсного пробоя газов, М., Наука, 1991.
2. Y. D. Korolev, G. A. Mesyats. Physics of pulsed breakdown in gases, Yekaterinburg, Ural Division of Russian Academy of Science, 1998.

3. Б. И. Москалев. Разряд с полым катодом, М., Энергия, 1969.
4. Ю. П. Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987.
5. Г. Петер. Электронные лавины и пробой в газах. Пер. с англ., М., "Мир", 1968.
6. Н. А. Капцов. Электрические явления в газах и вакууме, М. ГИТТЛ, 1950.
7. Е. М. Окс. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения, Томск, Изд. НТЛ, 2005.
8. Y. D. Korolev and N. N. Koval, "Low-pressure discharges with hollow cathode and hollow anode and their applications," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2018, vol. 52, Article Number 323001.
9. Y. D. Korolev, O. B. Frants, N. V. Landl, I. A. Shemyakin, and V. G. Geyman, "High-current stages in a low-pressure glow discharge with hollow cathode," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 2013, vol. 41, no. 8, pp. 2087–2096.
10. Y. D. Korolev and K. Frank, "Discharge formation processes and glow-to-arc transition in pseudospark switch," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 1999, vol. 27, no 5, pp. 1525–1537.
11. Ю. Д. Королев, Н. В. Ландль, В. Г. Гейман, О. Б. Франц, И. А. Шемякин, В. О. Нехорошев, «Вспомогательный тлеющий разряд в узле запуска тиратрона с холодным катодом», *Физика плазмы*, 2016, т. 42, № 8, с. 775–784.
12. Y. D. Korolev, N. M. Vykov, "High-voltage spark gap in a regime of subnanosecond switching," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 2012, vol. 40, no. 10, pp. 2443–2448.
13. Б. М. Ковальчук, Ю. Д. Королев, Е. В. Кумпяк, О. Б. Франц, И. А. Шемякин, «Стабильность срабатывания частотного разрядника в режиме самопробоя при напряжении до 300 kV и коммутируемой энергии до 450 Дж», *Журнал технической физики*, 2014, т. 84, вып. 12, с. 137–144.
14. Ю. Д. Королев, «Плазменные струи на основе слаботочных разрядов в потоке газа. Применение плазменных струй», *Российский химический журнал*, 2013, т. LVII (т. 57), № 3-4, с. 108–120.
15. M. Laroussi, "Low-temperature plasma jet for biomedical applications: a review," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 2015, vol. 43, pp. 703–712.
16. J. Winter, R. Brandenburg, K. D. Weltmann, "Atmospheric pressure plasma jets: an overview of devices and new directions," 2015, *Plasma Sources Sci. Technology*, vol 24, Article Number 064001.

### **13. Перечень информационных технологий**

#### Для подготовки рефератов

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 OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX;

#### Для поиска книг в электронном виде и других дополнительных материалов

а) 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>

в) Специализированный сайт для студентов и научных работников <http://www.twirpx.com>

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

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, 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**

Королев Юрий Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра физики плазмы ТГУ.