



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ
_____ Долматов О.Ю.

« ____ » _____ 2015г.

Рабочая программа дисциплины

Основы физики газового разряда

Направление ООП подготовка бакалавров 223200 «Техническая физика»
Профиль подготовки «Пучковые и плазменные технологии»
Квалификация (степень) бакалавр
Базовый учебный план приема 2012 г.
Курс 4, семестр 7
Количество кредитов 4

Виды учебной деятельности и временной ресурс:

Лекционные занятия	32 час.
Лабораторные работы	32 час.
Самостоятельная работа	64 час.
Итого	128 час.

Форма обучения - очная

Вид промежуточной аттестации - экзамен

Обеспечивающее подразделение - кафедра ЭФ ФТИ

Заведующий кафедрой ЭФ _____ Кривобоков В.П.

Руководитель ООП «Техническая физика» _____ Кривобоков В.П.

Преподаватель _____ Янин С.Н.



1. Цели освоения дисциплины

1. Формирование базовых знаний и комплекса умений, необходимых для решения задач инженерной деятельности;
2. Усиление мотивации к получению знаний и умений в области профессиональной подготовки по направлению «Техническая физика»;
3. Приобретение начальных знаний о плазменных и пучковых технологиях и областями применения данных технологий.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы физики газового разряда» относится к циклу профессиональных дисциплин основной образовательной программы.

Для освоения данной дисциплины необходимо иметь полное среднее образование.

Пререквизиты: курс предназначен для студентов, прослушавших курсы математики, физики и химии.

Кореквизиты: параллельно с данной дисциплиной могут изучаться курсы курсы атомной, ядерной и теоретической физики.

3. Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен *знать:*

- особенности инженерной деятельности в различных областях техники и технологий и понимать роль инженера в современном обществе;
- базовые понятия, определения, теорию и концепции по направлению «Техническая физика»;
- виды, задачи и области профессиональной деятельности для профиля «Пучковые и плазменные технологии»;
- роль инженера в современном обществе и значимость инженерной профессии;
- взаимосвязь теоретических знаний с выполнением реальных инженерных проектов;

уметь:

- эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, выполняя различные задания, а также проявлять инициативу;
- осуществлять поиск и анализ необходимой информации, формулировать проблему, выявлять возможные ограничения и предлагать различные варианты ее решения;
- обосновывать свои суждения и правильно выбирать методы поиска и исследования;
- составлять устные и письменные отчеты, презентовать и защищать результаты работы в аудиториях различной степени подготовленности.

владеть:

- современными информационными и информационно-коммуникационными технологиями, инструментальными средствами для решения общих задач и для организации своего труда;
- опытом участия в выполнении проектов группового характера на различных стадиях их подготовки и реализации: «планирование – проектирование – применение – производство».



В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Код результата	Результат обучения (компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины)	Вклад в формирование компетенций бакалавров, соответствие с требованиями ФГОС
	<i>Универсальные (общекультурные)</i>	
P1	Умение логически верно, аргументированно и ясно строить литературную и деловую устную и письменную речь, свободное владение навыками публичной дискуссии, умение создавать и редактировать тексты профессионального назначения	Требования ФГОС (ОК-2)
P2	Готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе.	Требования ФГОС (ОК-3)
	<i>Профессиональные</i>	
P3	Осознание социальной значимости своей будущей профессии, обладание высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности, готовность к профессиональному росту и способность самостоятельно пополнять свои знания.	Требования ФГОС (ПК-1)
P4	Готовность и способность использовать фундаментальные законы природы, основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, а также физико-математический аппарат и методы математического анализа.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3)
P5	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-12)

4. Структура и содержание дисциплины

Содержание теоретического раздела дисциплины – 7 семестр (32 часа):

Часть 1. (6 часов)

Понятие плазмы. Энергетическая единица измерения температуры-эВ. Квазинейтральность. Дебаевская экранировка. Радиус Дебая. Потенциал пробной частицы в плазме. Сравнение с кулоновским потенциалом.

Плазменные колебания. Характерный временной масштаб разделения зарядов. Плазменная частота.

Классическая и вырожденная плазма. Идеальная и неидеальная плазма.

Число частиц в дебаевской сфере. Влияние этого параметра на свойства плазмы.

Сравнение свойств плазмы, газа, твердого тела.

Характерные параметры лабораторной и космической плазмы.



Часть 2. (4 часа)

Элементарные процессы в плазме. Ионизация и рекомбинация, основные процессы. Корональное равновесие. Перезарядка, применение ее для диагностики и нагрева плазмы. **Степень ионизации. Формула Саха.** Термодинамическое равновесие. Зависимость степени ионизации от параметров плазмы и потенциала ионизации.

Часть 3. (4 часа)

Столкновения частиц в плазме. Кулоновский логарифм. Транспортное (кулоновское) сечение, его зависимость от энергии и заряда. Сила, действующая на неподвижный рассеивающий центр. Кулоновский логарифм для плазмы и газа. Траектории частиц в плазме и газе.

Излучение из плазмы. Тормозное и рекомбинационное: характерные зависимости от параметров плазмы, спектр (максимум в зависимости от температуры, ширина).

Линейчатое: интенсивность линии, отношение интенсивностей линий; доплеровское уширение, штарковское расщепление, использование этих эффектов в диагностике плазмы. Циклотронное излучение: частота, запирающие излучения, интенсивность излучения черного тела.

Часть 4. (2 часа)

Релаксация импульса и энергии частиц в плазме.

Характерное время потери направленного импульса для холодной и горячей плазмы, отличия в зависимости от скорости частицы. Сравнение времен релаксации электронной компоненты, ионной компоненты и времени выравнивания электронной и ионной температур. Проводимость плазмы, поле Драйзера, убегающие электроны.

Часть 2. (2 часа)

Теоретические модели, используемые при исследовании плазмы.

Кинетическое уравнение с самосогласованным полем.

Функция распределения, выражение параметров плазмы через нее.

Физический смысл кинетического уравнения. Коэффициенты электропроводности и теплопроводности плазмы, их зависимость от температуры (плотности).

Часть 6. (16 часов)

Электрический разряд в газе. Понятие о Таундсеновской теории пробоя.

Кривая Пашена. Подвижность. Диффузия носителей заряда. Темновой разряд. Глеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой разряд. Высокочастотный разряд. Барьерный разряд. Применение газовых разрядов в науке и технике.

Конференц-неделя. Тестирование. (2 часа).

Содержание практического раздела дисциплины

Лабораторные работы:

- вольт-амперная характеристика магнетронного диода;
- зондовая диагностика плазмы магнетронного диода;
- измерение спектра плазмы магнетронного диода.



Примеры задач.

1. В газоразрядной трубке, заполненной гелием при давлении 10^{-2} Торр, расстояние между катодом и анодом 40 см. Какая часть эмитируемых катодом электронов с энергией 110 эВ произведет хотя бы один акт ионизации, прежде чем достигнет анода? Сечение ионизации при этих условиях $0,35 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$. (Ответ: 36%).

2. Электрон с энергией 50 эВ сталкивается с покоящимся атомом аргона. Найти максимальную энергию, которая может быть затрачена на возбуждение и ионизацию атома аргона. (Ответ: 50 эВ).

3. Найти среднюю ионизационную длину пробега электрона λ_i с энергией 50 эВ в аргоне при давлении 10^{-2} Торр, если сечение ионизации атома электронным ударом при энергии электронов 50 эВ $\sigma_i = 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$. (Ответ: 9,7 см).

4. Пользуясь формулой Ланжевена, вычислить подвижность электронов в слабоионизованной плазме столба тлеющего разряда в аргоне. Давление аргона 0,5 Торр; температура электронов $T_e = 0,3$ эВ, эффективное сечение передачи импульса электронами $2,2 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. (Ответ: $79,6 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$).

5. При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить? (Ответ: $1,24 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$).

6. Найти частоту электромагнитной волны, способной проникнуть в холодную плазму с концентрацией электронов $n_e = 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Проникнет ли эта волна в плазму, если n_e возрастет в 2 раза? Уменьшится в 2 раза? (Ответ: 28,4 ГГц).

7. За период плазменных колебаний электроны пробегают в среднем 0,21 мм. Плазменная частота равна $1,8 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$. Найти среднюю тепловую скорость электронов и температуру плазмы (Ответ: $6 \cdot 10^8 \text{ см/с}$, 100 эВ).

8. Средняя тепловая скорость электронов в плазме равна $4,2 \cdot 10^9 \text{ см/с}$. Какое расстояние электроны пробегают в среднем за период плазменных колебаний, если концентрация электронов плазмы $n = 10^{14} \text{ см}^{-3}$? Чему равна температура плазмы? (Ответ: 5 кэВ, 0,47 мм).

9. В плазме с концентрацией электронов $n = 4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ дебаевская длина в 10^7 раз больше электронной длины волны де Бройля. Найти температуру электронов. (Ответ: 740 эВ).

10. В плазме с температурой $T = 7,4$ кэВ дебаевская длина в 10^7 раз больше электронной длины волны де-Бройля. Найти концентрацию электронов. (Ответ: $4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$).

11. Рассчитать значение параметра идеальности для плазмы солнечной короны с $n = 10^9 \text{ см}^{-3}$, $T = 100$ эВ. Сделать вывод об идеальности или неидеальности такой плазмы. (Ответ: $5,5 \cdot 10^7$).

12. Найти средние (за период) скорость и кинетическую энергию α -частицы, движущейся по циклоиде в однородных ортогональных полях $E = 1$ ед. СГСЭ, $B = 1$ кГс. (Ответ: $3 \cdot 10^7 \text{ см/с}$; $3,75 \cdot 10^{-9}$ эрг).

13. Рассчитать радиус кривизны силовых линий безвихревого магнитного поля, в котором электроны дрейфуют с характерной скоростью, равной 1/10 средней тепловой. Температура электронов равна 10 кэВ, $B = 100$ Гс. (Ответ: 17 см).

14. Чему равно отношение времени потери энергии электронами при столкновениях с ионами τ_{ϵ}^{ei} и времени потери энергии ионами при столкновениях с электронами τ_{ϵ}^{ie} ?

15. Во сколько раз отличается время передачи импульса электроном при столкновении с электронами τ_s^{ee} и ионами τ_s^{ei} визотермической дейтериевой плазме?

16. Можно ли считать идеальной плазму E-слоя ионосферы Земли, хорошо отражающего радиоволны с частотой ниже 10 МГц? Температура электронов E-слоя близка



к потенциалу ионизации составляющего слой ионизированного молекулярного кислорода (11,7 эВ).

17. Кинетическая энергия электрона равна $4,1 \cdot 10^{-11}$ эрг. Определить электрическое поле, поперечное к магнитному величиной 1 кГс, в котором электрон движется по циклоиде. (Ответ: 3 кВ/см).

5. Образовательные технологии

Лекционный материал данного курса представлен в программе для создания презентаций Microsoft PowerPoint. Презентации лекций содержат цветные иллюстрации для лучшего усвоения теоретического материала.

Перечень методов обучения и форм организации обучения представлен таблицей 3.

Таблица 3

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО Методы	Лекции	Практические /семинарские занятия	Тренинг Мастер-класс	СРС
IT-методы				х
Работа в команде	х	х		х
Case-study				
Игра				
Поисковый метод	х	х		х
Проектный метод				х
Исследовательский метод	х	х		х

6. Организация и учебно-вспомогательное обеспечение самостоятельной работы студентов

Текущая самостоятельная работа студентов включает в себя:

- проработку лекционного материала, обзор литературы по курсу;
- подготовка к тестированию.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа:

- подготовка доклада по одной из представленных тем, развитие навыков работы с оригинальной научной литературой, систематизации и анализа получаемых знаний.

Оценка результатов самостоятельной работы происходит по результатам выполнения тестирования, по результатам презентации.



7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины

Оценка текущей успеваемости происходит по результатам выполнения тестирования и по результатам представленной презентации.

Оценка итоговой аттестации происходит по результатам сдачи экзамена.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам (60 баллов – текущая оценка в семестре, 40 баллов – аттестация в конце семестра).

Рейтинг-план освоения дисциплины в течение семестра

<i>Недели</i>	<i>Текущий контроль</i>	
9 неделя	Тестирование	30
1-18 неделя	Презентация	30
Итого		60

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Райзер Ю.П. *Физика газового разряда*. - М.: Интеллект, 2009, 691с.
2. Двинин С.А. *Физические основы газового разряда*. Часть 1. Учебное пособие. Москва. МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет, 2012, 119 с.
3. Очкин В.Н. *Спектроскопия низкотемпературной плазмы*. - М.: Физматлит, 2010, 591с.

Дополнительная литература:

4. Кудрявцев А.А., Смирнов А.С., Цендин Л.Д. *Физика тлеющего разряда*. Лань. С.-П., Москва, Краснодар, 2010, 493 с.
5. Савинов В.П. *Физика высокочастотного емкостного разряда*- М.: Физматлит, 2013. 307с.
6. Фортон В.Е., Храпак А.П., Якубов И.Т. *Физика неидеальной плазмы*- М.: Физматлит, 2010, 528с.

Программное обеспечение и Internet-ресурсы:

<http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
<http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека
<http://www.sciencedirect.com/>
<http://www.springerlink.com/>
<http://www.physics-online.ru/>

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Рабочая программа
**Фундаментальные вопросы физики
плазмы**



Практическая составляющая данного курса осуществляется на кафедре ВЭПТ, где имеется необходимое мультимедийное оборудование.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки бакалавров 223200 «Техническая физика».

Программа одобрена на заседании кафедры ЭФ
(протокол № ____ от «__» _____ 2015 г.).

Автор – профессор каф. ЭФ Янин С.Н.

Рецензенты: профессор каф. ЭФ, д.ф.-м.н Блейхер Г.А.