

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» _____ 2020г.

Регистрационный № УД-1759/уч.



Физика плазмы и плазменных технологий

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направление специальности:

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

2020г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01- 2013, учебного плана № G31 -214/уч., № G31и -215/уч. от 20.02.2018 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

С.В.Василевич – доцент кафедры энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета.



РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.В.Савчин , к.т.н., заведующий отделом электродуговой плазмы, Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси

В.И.Шиманский, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 10 от 25.06.2020);

Советом физического факультета БГУ
(протокол № 12 от 25.06.2020)

Заведующий кафедрой энергофизики



А.В.Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Физика плазмы и плазменных технологий» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям), направление специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность), специализации 1-31 04 01-01 07 «Энергофизика».

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины: ознакомить студентов с физическими особенностями плазмы как особого состояния вещества, а также с плазменными технологиями и промышленным применением плазмы.

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучить основные энергетические процессы в плазме и поведение заряженных частиц в плазме,
2. Дать представление о физических законах, описывающих данные процессы,
3. Изучить различные способы применения плазмы на практике.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к **циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение дисциплины «Физика плазмы и плазменных технологий» основано на дисциплинах «Термодинамика и статистическая физика», «Основы тепло- и массообмена», «Техническая термодинамика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физика плазмы и плазменных технологий» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

ПК-4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- Основные элементарные процессы в плазме;
- Основные закономерности движения заряженных астиц плазмы в присутствии электрических и магнитных полей;
- Основные принципы работы генераторов плазмы;

уметь:

- Обоснованно выбрать тип плазменного генератора для решения конкретных технологических задач;

владеть:

- методами практического использования полученных знаний при решении конкретных задач при описании свойств плазмы.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Физика плазмы и плазменных технологий» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 72 часа, в том числе 30 аудиторных часов, из них: лекции – 26 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Плазма: основные понятия

Тема 1.1 Определение понятия «плазмы». Квазинейтральность плазмы. Радиус Дебая. Временный масштаб самопроизвольного разделения зарядов. Ленгмюровские колебания. Отличие плазмы от других видов материи. Классификация плазмы. Элементарные процессы в плазме. Упругие и неупругие столкновения. Основные процессы ионизации и рекомбинации. Ионизационное равновесие, уравнение Саха. Степень ионизации.

Раздел 2 Термодинамика плазмы

Тема 2.1 Применимость термодинамических методов описания плазмы. Внутренняя и внешняя энергия плазмы. Параметры и уравнения состояния плазменной системы. Полное термодинамическое равновесие. Локальное термодинамическое равновесие. Излучение плазмы. Дискретное излучение. Сплошное излучение. Поглощение излучения плазмой.

Раздел 3 Магнитогидродинамический подход в описании плазмы

Тема 3.1 Одножидкостная магнитогидродинамическая (МГД) модель плазмы. Система уравнений МГД-модели плазмы. Уравнение движения плазмы. Колебания и волны в плазме. Ионно-звуковые волны. Магнитогидродинамические волны.

Раздел 4 Плазма газовых разрядов

Тема 4.1 Определение газового разряда. Типы разрядов в постоянном электрическом поле. Вольт-амперная характеристика газового разряда. Структура и свойства газовых разрядов. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Коронный и искровой разряд. Вторичная и термоэлектронная эмиссии.

Раздел 5 Плазменные реакторы

Тема 5.1 Типы плазменных реакторов. Принципиальные схемы и классификация плазменных реакторных устройств. Струйные реакторы. Объемные реакторы. Реакторы на основе многоструйных камер смешения.

Раздел 6 Ускорители плазмы

Тема 6.1 Электромагнитные импульсные, стационарные и квазистационарные ускорители. Газоразрядные и эрозионные плазменные ускорители. Торцевые плазменные и холловские ускорители.

Раздел 7 Электродуговые плазмотроны

Тема 7.1 Линейные плазмотроны постоянного тока. Двухструйные плазмотроны. Плазмотроны переменного тока промышленной частоты.

Раздел 8 Управляемый термоядерный синтез

Тема 8.1 Необходимость решения проблемы УТС. Физические основы УТС. Условия осуществления УТС. Принципы удержания плазмы: магнитное и инерционное удержание.

Раздел 9 Плазмохимия

Тема 9.1 Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов.

Тема 9.2 Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.

Раздел 10 Плазмохимические процессы в неорганической химии.

Тема 10.1 Процессы разложения в плазмохимии. Диссоциация CO_2 и механизмы осуществления. Восстановление углерода.

Тема 10.2 Синтез неорганических соединений. Синтез оксидов азота. Реакция синтеза NO , стимулируемая колебательным возбуждением азота. Кинетика и баланс энергии синтеза оксидов азота. Синтез оксидов азота в различных плазмохимических системах. Синтез других неорганических соединений.

Раздел 11 Плазмохимические процессы в органической химии

Тема 11.1 Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Ауд. контроль УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Плазма: основные понятия	2						
1.1	Определение понятия «плазмы». Квазинейтральность плазмы. Радиус Дебая. Временный масштаб самопроизвольного разделения зарядов. Ленгмюровские колебания. Отличие плазмы от других видов материи. Классификация плазмы. Элементарные процессы в плазме. Упругие и неупругие столкновения. Основные процессы ионизации и рекомбинации. Ионизационное равновесие, уравнение Саха. Степень ионизации.	2						Устный опрос
2	Термодинамика плазмы	2						
2.1	Применимость термодинамических методов описания плазмы. Внутренняя и внешняя энергия плазмы. Параметры и уравнения состояния плазменной системы. Полное термодинамическое равновесие. Локальное термодинамическое равновесие. Излучение плазмы. Дискретное излучение. Сплошное излучение. Поглощение излучения плазмой.	2						Устный опрос
3	Магнитогидродинамический подход в описании плазмы	2						
3.1	Одножидкостная магнитогидродинамическая (МГД) модель плазмы. Система уравнений МГД-модели плазмы. Уравнение движения плазмы. Колебания и волны в плазме. Ионно-звуковые волны. Магнитогидродинамические волны.	2						Устный опрос Письменное тестирование

4	Плазма газовых разрядов	2						
4.1	Определение газового разряда. Типы разрядов в постоянном электрическом поле. Вольт-амперная характеристика газового разряда. Структура и свойства газовых разрядов. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Коронный и искровой разряд. Вторичная и термоэлектронная эмиссии.	2						Устный опрос
5	Плазменные реакторы	2						
5.1	Типы плазменных реакторов. Принципиальные схемы и классификация плазменных реакторных устройств. Струйные реакторы. Объемные реакторы. Реакторы на основе многоструйных камер смешения.	2						Устный опрос
6	Ускорители плазмы	2						
6.1	Электромагнитные импульсные, стационарные и квазистационарные ускорители. Газоразрядные и эрозионные плазменные ускорители. Торцевые плазменные и холловские ускорители.	2						Устный опрос
7	Электродуговые плазмотроны	2						
7.1	Линейные плазмотроны постоянного тока. Двухструйные плазмотроны. Плазмотроны переменного тока промышленной частоты.	2						Письменное тестирование
8	Управляемый термоядерный синтез	4						
8.1	Необходимость решения проблемы УТС. Физические основы УТС. Условия осуществления УТС. Принципы удержания плазмы: магнитное и инерционное удержание.	2					2	Устный опрос
9	Плазмохимия	4						
9.1	Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов.	2						Устный опрос
9.2	Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.	2						Устный опрос
10	Плазмохимические процессы в неорганической химии.	4						
10.1	Процессы разложения в плазмохимии. Диссоциация CO ₂ и механизмы осуществления. Восстановление углерода.	2						Устный опрос

10.2	Синтез неорганических соединений. Синтез оксидов азота. Реакция синтеза NO, стимулируемая колебательным возбуждением азота. Кинетика и баланс энергии синтеза оксидов азота. Синтез оксидов азота в различных плазмохимических системах. Синтез других неорганических соединений.	2						Устный опрос
11	Плазмохимические процессы в органической химии	4						
11.1	Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров.	2					2	Устный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Моссэ А.Л. Плазменные технологии и устройство для переработки отходов / А.Л. Моссэ, В.В. Савчин. – Минск: Белорусская наука, 2015. – 411 с.
1. Полак Л.С. и др. Теоретическая и прикладная плазмохимия.. М.: Наука, 1975, 304с.
2. Полак Л.С., Синярев Г.Б., Словецкий Д.И. и др. Химия плазмы (Низкотемпературная плазма. Т.3). Новосибирск: Наука, 1991, 320с.
3. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980, 310с.
4. Русанов В.Д., Фридман А.А. Физика химически активной плазмы. М.: Наука, 1984, 415с.
5. Пушкарев А.И., Новоселов Ю.Н., Ремнев Г.Е. Цепные процессы в низкотемпературной плазме.- Новосибирск: Наука, 2006.-226 с.
6. Анахов С.В. Принципы и методы проектирования плазмотронов: монография. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф. пед. ун-та, 2018. - 165 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Кинетика и термодинамика химических реакций в низкотемпературной плазме. Под ред. Полака Л.С. М.: Наука, 1965, 254с.
2. Плазмохимическая технология / В.Д. Пархоменко, П.И. Сорока, Ю.И. Краснокутский и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-е, 1991. – 392 с.
3. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Электропроводность воды, возникающая под действием излучения плазмы // [Химия высоких энергий](#). - 2019. - Т.53, N 3. - С.250-252.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физика плазмы и плазменных технологий» учебным планом предусмотрен экзамен:

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- письменное тестирование – 50 %;
- устный опрос – 50 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, зачетной оценки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема №8.1. Название: Необходимость решения проблемы УТС. Физические основы УТС. Условия осуществления УТС. Принципы удержания плазмы: магнитное и инерционное удержание

Что выполняет студент: презентация

Форма контроля - Устный опрос

Тема №11.1. Название: Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров

Что выполняет студент: презентация

Форма контроля - Устный опрос

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

- **практико-ориентированный подход**, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач, приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности в том числе через описание в лекциях способов использования диффузии в технологиях получения современных функциональных материалов и структур разного назначения.

- **метод учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для эффективной самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать размещенные в электронной библиотеке учебно-программные материалы, рекомендуемую основную и дополнительную литературу, а также иные, находящиеся в открытом доступе, источники информации.

Также рекомендуется применение заданий различных уровней сложности: задания базового уровня сложности предполагают использование

знаний из ограниченной предметной области, задания более высокого уровня сложности требуют от студентов комплексного анализа проблемы с привлечением знаний из смежных областей.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы и письменные тестирования.

Рекомендуемые разделы для составления тестовых заданий

Термодинамика плазмы
Плазма газовых разрядов
Плазменные реакторы
Ускорители плазмы
Электродуговые плазмотроны
Управляемый термоядерный синтез
Плазмохимия

Примеры тестовых заданий

1. В чем заключается отличие плазмы от других видов материи.
2. Какие типы разрядов в постоянном электрическом поле?
3. Какие существуют способы получения синтетического топлива?

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Элементарные процессы в плазме. Основные процессы ионизации и рекомбинации. Ионизационное равновесие, уравнение Саха.
2. Параметры и уравнения состояния плазменной системы. Полное термодинамическое равновесие.
3. Колебания и волны в плазме. Ионно-звуковые волны. Магнитогидродинамические волны.
4. Структура и свойства газовых разрядов. Тлеющий разряд. Дуговой разряд.
5. Принципиальные схемы и классификация плазменных реакторных устройств.
6. Ускорители плазмы
7. Электродуговые плазмотроны
8. Физические основы УТС. Условия осуществления УТС. Принципы удержания плазмы: магнитное и инерционное удержание.
9. Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов.
10. Процессы разложения в плазмохимии. Диссоциация CO_2 и механизмы осуществления. Восстановление углерода.
11. Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
