МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики
_____/ Титова Л.В./
13.06.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.06.02 Физика плазмы и термоядерных реакций

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

к.ф.-м.н., доцент Алейников Алексей Николаевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 13.06.2025

8. Учебный год: 2028/2029 **Семестр(ы):** 8

9.Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- расширение и углубление знаний физике плазмы и связанных с ней явлений, рассмотрены не только классические варианты, но и современные проблемы, которые в настоящее время интенсивно изучаются. В общей системе подготовки бакалавров данная дисциплина посвящена теоретическому изучению плазмы, термоядерного синтеза и плазменных приборов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных видов плазмы, путей ее создания, применения и диагностики, ее параметров, их измерений и расчета, устройств базовых плазмотронов, особенностей их конструкции и рабочих параметров.

- научиться рассчитывать основные параметры разных видов плазмы, анализировать равновесное и неустойчивое состояние плазмы, объяснять особенности коллективных явлений в плазме;

- приобретение навыков работы при определении параметров и характеристик, способами и методами выбора и расчета параметров плазмы, используемой в различных системах для разных целей, для изучения особенностей и проблем управляемого термоядерного синтеза.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной частиц цикла Б1.В.ДВ. (Дисциплины по выбору).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области.	ПК-1.1	Знать основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников по тематике исследований.	Знать: основные виды плазмы, путей ее создания, применения и диагностики, ее параметров, их измерений и расчета, устройств базовых плазмотронов, особенностей их конструкции и рабочих параметров. Уметь: рассчитывать основные параметры разных видов плазмы, анализировать равновесное и неустойчивое состояние плазмы, объяснять особенности коллективных явлений в плазме. Владеть: навыками работы при определении параметров и характеристик, способами и методами выбора и расчета параметров плазмы, используемой в различных системах для разных целей, для изучения особенностей и проблем управляемого термоядерного синтеза
		ПК-1.2	Использует основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора.	
		ПК-1.3	Проводит изучение и анализ литературных и патентных источников по тематике исследований.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час —4/144.

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8 семестр
Аудиторные занятия		76	76
в том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	64	64
Самостоятельная работа		68	68
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль			
Форма промежуточной аттестации		Зачет с оценкой	Зачет с оценкой
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение	Определение плазмы, распространенность в природе, критерии существования, применение плазмы	-
1.2	Движение отдельных частиц, плазма как жидкость	Связь между плазмой и классической электродинамикой, неоднородные и нестационарные электрическое и магнитное поля,,адиабатические инварианты и законы их сохранения, гидродинамические уравнения, плазменное приближение	-
1.3	Коллективные явления в плазме	Представление волн, плазменные колебания, групповая скорость, электромагнитные волны (перпендикулярно и параллельно $\mathbf{B_0}$), магнитогидродинамические волны, магнитозвуковые волны	-
1.4	Равновесие и устойчивость	Понятие и виды неустойчивости плазмы, равновесие в МГД-приближении, диффузия магнитного поля в плазму, возможность магнитного удержания плазменного жгута	-
1.5	Кинетическая теория и нелинейные явления в плазме	Функция распределения $f(\boldsymbol{v})$, уравнение кинетической теории, вывод ГД-уравнений, экспериментальная проверка, ионно-звуковые ударные волны, плазменное эхо, нелинейное затухание Ландау	-
1.6	Плазменное оборудование	Современные тенденции развития, описание различных способов устойчивого стационарного удержания плазмы, токамаки, открытые ловушки, плазмотроны, сталлараторы, возможность осуществления управляемого термоядерного синтеза.	-

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Введение	2		10	10		22
2	Движение отдельных частиц, плазма как жидкость	2		10	10		22
3	Коллективные явления в плазме	2		10	12		24
4	Равновесие и устойчивость	2		10	12		24
5	Кинетическая теория и нелинейные явления в плазме	2		12	12		26
6	Плазменное оборудование	2		12	12		26
	Итого:	12		64	68		144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины *(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)*

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Рожанский, В. А. Теория плазмы [Электронный ресурс] : / В. А. Рожанский .— Москва : Лань, 2012 .— 320 с.
2	Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/ С.В.Широков.– Минск: Вышэйшая школа, 2011, 351 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Бэдсел, Чарльз. Физика плазмы и численное моделирование / Ч.К. Бэдсел, А. Ленгдон ; Пер. с англ. под ред. А.А. Рухадзе .— М. : Энергоатомиздат, 1989 .— 455 с.
4	Семенов А. М. Конспект лекций по курсу "Физика плазмы" : Теплофизические свойства низкотемпературной плазмы : Учебное пособие для студентов / А.М. Семенов ; Московский энергетический институт; Ред. О.А. Синкевич .— М. : МЭИ, 1978 .— 50,с

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы *(учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)*

№ п/п	Источник
1	Голант, В.Е. Основы физики плазмы : учеб. пособие / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров .— Москва : Лань, 2011 .— 448 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

− активные и интерактивные формы проведения занятий;

− компьютерные технологии при проведении занятий:

− презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;

− специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;

− разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Большая физическая аудитория им. М.А. Левитской (для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/ legal/licenses)	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 428
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-T	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 31
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 313а

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетен-ция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Устный опрос, собеседование по билетам к зачету
2.	Движение отдельных частиц, плазма как жидкость			
3.	Коллективные явления в плазме			
4.	Равновесие и устойчивость			
5.	Кинетическая теория и нелинейные явления в плазме			
6.	Плазменное оборудование			
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	*Уровень сформированности компетенций*	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	*Повышенный уровень*	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	*Базовый уровень*	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	*Пороговый уровень*	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетвори-

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. Определение ионизированного газа, низко- и высокотемпературной плазмы
2. Дебаевское экранирование.
3. Плазменный параметр.
4. Критерии существования плазмы.
5. Адиабатические инварианты. Законы их сохранения.
6. Связь между физикой плазмы и электродинамикой.
7. Движение частицы в электрическом поле.
8. Движение частицы в магнитном поле.
9. Гидродинамические уравнения.
10. Дрейф жидкости перпендикулярно магнитному полю.
11. Движение жидкости параллельно магнитному полю.
12. Плазменное приближение.
13. Групповая скорость.
14. Плазменные колебания.
15. Электронные плазменные волны.
16. Ионно-звуковые плазменные волны.
17. МГД-волны в плазме.
18. Магнитозвуковые волны.
19. Распад плазмы вследствие диффузии. Рекомбинация.
20. Равновесие в МГД-приближении.
21. Диффузия магнитного поля в плазму.
22. Классификация неустойчивостей.
23. Уравнение кинетической теории.
24. Затухание Ландау.

25. Ионно-звуковые ударные волны.
26. Плазменное эхо.
27. Принцип работы токамака
28. Принцип работы открытой магнитной ловушки
29. Принцип работы стелларатора.
30. Удержание плазмы с помощью каспа.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	*Уровень сформированности компетенций*	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	*Повышенный уровень*	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	*Базовый уровень*	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	*Пороговый уровень*	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно