

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Ильин Владимир Алексеевич**

Рабочая программа дисциплины  
**ФИЗИКА ПЛАЗМЫ**  
Код УМК 56208

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физика плазмы

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физика плазмы** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.8** способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

**ПК.4** способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Физика плазмы. Первый семестр

#### Общие свойства плазмы

Классификация плазмы. Высокотемпературная и низкотемпературная плазма. Сильноионизированная и слабоионизированная плазма. Основные характеристики плазмы. Плазменная частота. Дебаевская длина экранирования. Жидкостный параметр. Идеальная и неидеальная плазма. Вырожденная (квантовая) и невырожденная (классическая) плазма. Плазма в лаборатории и в космосе.

#### Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Ларморовская окружность и циклотронная частота, замагниченность плазмы. Продольный и поперечный адиабатические инварианты. Магнитные ловушки. Дрейф. Электрический, градиентный, центробежный, тороидальный, гравитационный виды дрейфа. Желобковая неустойчивость. Способы удержания частиц магнитным полем. Термоядерная энергетика и токамаки.

#### Макроскопическое описание плазмы

Кинетическое уравнение для функции распределения. Уравнение моментов для функции распределения. Уравнение непрерывности. Уравнение движения. Уравнение переноса энергии. Уравнение эволюции тензора корреляции скоростей.

Двухжидкостное приближение. Одножидкостное приближение для плазмы. Обобщенный закон Ома. Частные случаи.

Приближение магнитной гидродинамики. Вмороженность силовых линий. Диффузия магнитного поля. Магнитное давление. Задача Гартмана.

#### Волны в плазме

Распространение малых магнитогидродинамических возмущений. Линейные волны в незамагниченной плазме. Линейные волны с учётом тока Холла.

Нелинейные волны в плазме с магнитным полем. Уединенные волны в плазме с магнитным полем.

Слабые ударные волны в плазме с магнитным полем. Волны Римана.

Волны в плазме под действием переменного электрического поля. Волны электронной плотности.

Ионно-звуковые волны. Солитонное решение.

Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Уравнения Власова.

Самосогласованное поле. Временная и пространственная дисперсия. Затухание Ландау. Равновесные плазменные конфигурации.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Ильин В. А. Физика плазмы: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Прикладная математика и физика"/В. А. Ильин.-Пермь: ПГНИУ, 2017, ISBN 978-5-7944-2888-9.-1.-Библиогр.: с. 98 <https://elis.psu.ru/node/407440>
2. Франк-Каменецкий Д. А. Лекции по физике плазмы: учебное пособие для вузов/Д. А. Франк-Каменецкий.-Долгопрудный: Интеллект, 2008, ISBN 978-5-91559-002-0.-280.-Библиогр.: с. 276

### Дополнительная:

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 10. Физическая кинетика/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.- Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002, ISBN 5-9221-0125-0.-536
2. Электродинамика. Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля : учебно-методическое пособие / составители Е. А. Памятных. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 72 с. — ISBN 978-5-7996-1105-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/68416.html>

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<https://sfiz.ru> Физический информационный портал

<http://sciencejournals.ru/journal/fizplaz/> Рецензируемый научный журнал "Физика плазмы"

[https://cdn.knightlab.com/libs/timeline3/latest/embed/index.html?source=1WcHsAzOC1sWZ\\_jbILMISPvD5bs6welzNFD8MOvsNIQg&font=Default&lang=en&initial\\_zoom=2&height=650&fbclid=IwAR2uuRFNma1vAuv2iaqZCiL5VcNKF8NhzF-\\_er6sRUC0N8ReW6tRaXEGGS0](https://cdn.knightlab.com/libs/timeline3/latest/embed/index.html?source=1WcHsAzOC1sWZ_jbILMISPvD5bs6welzNFD8MOvsNIQg&font=Default&lang=en&initial_zoom=2&height=650&fbclid=IwAR2uuRFNma1vAuv2iaqZCiL5VcNKF8NhzF-_er6sRUC0N8ReW6tRaXEGGS0) Тайм-линия: Краткая история развития проблемы управляемого термоядерного синтеза

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика плазмы** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
- 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
- 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов.

Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной



доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-

образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физика плазмы**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.4</b> способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей</p>	<p>Знать: об основных свойствах и характеристиках плазмы; Уметь: применять математический аппарат и полученные знания к решению задач по физике плазмы; Владеть: методами описания многообразных явлений и процессов в плазме.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Отсутствие знаний. Не знает основ дисциплины, необходимых при формировании компетенции. Отсутствие умений. Отсутствие навыков.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание об основных свойствах и характеристиках плазмы; Демонстрирует частично сформированное умение применять математический аппарат и полученные знания к решению задач по физике плазмы; Демонстрирует частично сформированное владение методами описания многообразных явлений и процессов в плазме.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание об основных свойствах и характеристиках плазмы; Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять математический аппарат и полученные знания к решению задач по физике плазмы; Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение методами описания многообразных явлений и процессов в плазме.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает об основных свойствах и характеристиках плазмы; Умеет применять математический аппарат и полученные знания к решению задач по физике плазмы;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Владеет методами описания многообразных явлений и процессов в плазме.</p>
<p><b>ОПК.8</b>  способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Знать: молекулярно-кинетическую теорию плазмы и электронную теорию вещества, поведение ионизированного газа в различных условиях, в том числе в электромагнитном поле;  Уметь: самостоятельно применять полученные знания к различным задачам физики плазмы, объяснять происходящие в плазме явления;  Владеть: математическим аппаратом, необходимым для решения различных задач по физике плазмы.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Отсутствие знаний.  Не знает основ дисциплины, необходимых при формировании компетенции.  Отсутствие умений.  Отсутствие навыков.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание молекулярно-кинетическую теорию плазмы и электронную теорию вещества, поведение ионизированного газа в различных условиях, в том числе в электромагнитном поле;  Демонстрирует частично сформированное умение самостоятельно применять полученные знания к различным задачам физики плазмы, объяснять происходящие в плазме явления;  Демонстрирует частично сформированное владение математическим аппаратом, необходимым для решения различных задач по физике плазмы.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание молекулярно-кинетическую теорию плазмы и электронную теорию вещества, поведение ионизированного газа в различных условиях, в том числе в электромагнитном поле;  Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно применять полученные знания к различным задачам физики плазмы, объяснять происходящие в плазме явления;  Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом, необходимым для решения различных задач по физике плазмы.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает молекулярно-кинетическую теорию плазмы и электронную теорию вещества,</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>поведение ионизированного газа в различных условиях, в том числе в электромагнитном поле; Умеет самостоятельно применять полученные знания к различным задачам физики плазмы, объяснять происходящие в плазме явления; Владеет математическим аппаратом, необходимым для решения различных задач по физике плазмы.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 49 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 49 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Общие свойства плазмы <b>Входное тестирование</b>	Знание уравнений Максвелла, законов Ома; умение интегрировать, раскладывать функцию в ряд Тейлора; умение выводить формулы из электричества.
<b>ПК.4</b> способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей <b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать общие свойства плазмы. Уметь классифицировать плазму. Знать содержание, понятия, основные формулы и законы на темы: общие свойства плазмы, движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Уметь решать задачи на применение формул и законов из этих тем.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.4</b> способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей</p> <p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Макроскопическое описание плазмы</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать содержание, понятия, основные формулы и законы на тему: макроскопическое описание плазмы. Уметь решать задачи на применение формул и законов из этой темы. Уметь выводить уравнения непрерывности, движения и переноса энергии из кинетического уравнения Больцмана; получать частные случаи из обобщенного закона Ома; выводить приближение магнитной гидродинамики, анализировать задачу Гартмана.</p>
<p><b>ПК.4</b> способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей</p> <p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Волны в плазме</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать содержание, понятия, основные формулы и законы на тему: неустойчивости и волны в плазме. Уметь решать задачи на применение формул и законов из этой темы. Уметь выводить уравнения, описывающие линейные и нелинейные волны при различных условиях в плазме, анализировать их и рассматривать частные случаи.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Общие свойства плазмы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Входной контроль содержит 2 задания по физике, в которых правильное выполнение	10

каждого задания оценивается в 3 балла; 2 задания по математике, в которых правильное выполнение каждого задания оценивается в 2 балла.	
--	--

### **Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль содержит 2 теоретических вопроса. Правильное изложение теории в каждом вопросе оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся ошибки – 5 баллов.	20
Контроль содержит 1 задание - найти плазменную частоту, радиус Дебая и жидкостный параметр (3 балла); 2 задание - найти дрейфовую скорость частицы в поле тяжести при наличии магнитного поля (2 балла) и её циклотронную частоту (1 балл).	6
Контроль содержит задачу на составление безразмерного параметра, правильное выполнение которой оценивается в 4 балла.	4

### **Макроскопическое описание плазмы**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль содержит 2 теоретических вопроса. Правильное изложение теории каждого вопроса оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся ошибки – 5 баллов.	20
Контроль содержит 2 задачи: 1) задание на использование тензорного исчисления; 2) задание на нахождение распределения скорости или магнитного поля в задаче Гартмана. Правильное выполнение каждой задачи оценивается в 5 баллов. Если решение содержит незначительные ошибки – 3 балла.	10

### **Волны в плазме**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль содержит 1 теоретический вопрос. Правильное изложение теории оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся незначительные ошибки – 5 баллов. Содержащиеся в изложении все нужные формулы и выкладки оценивается в 10 баллов. Если в них содержатся незначительные ошибки – 5 баллов.	20
Контроль содержит 5 коротких вопросов по теме. Правильный ответ на каждый вопрос оценивается в 2 балла.	10

Контроль содержит 1 задачу о солитоне или о нахождении фазовой скорости волн, распространяющихся в замагниченной плазме. Правильное выполнение задачи оценивается в 10 баллов. Если решение содержит незначительные ошибки – 5 баллов.	10