

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра общей физики

Авторы-составители: **Бабушкин Игорь Аркадьевич
Колчанов Николай Викторович**

Рабочая программа дисциплины
ВВЕДЕНИЕ В МАГНИТНУЮ ГИДРОДИНАМИКУ
Код УМК 97309

Утверждено
Протокол №9
от «25» мая 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Введение в магнитную гидродинамику

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Введение в магнитную гидродинамику** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ПК.1 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы

ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования

ПК.2 Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы

ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Введение в магнитную гидродинамику

При освоении дисциплины формируются представления о понятиях, закономерностях и явлениях в области на стыке физических наук, электромагнетизма и гидродинамики несжимаемой жидкости. В магнитной гидродинамике исследуется поведение несжимаемой жидкости во внешнем магнитном поле. Рассматривается действие магнитного поля на два типа жидкостей: электропроводящие и магнитные жидкости. К электропроводящим жидкостям относятся жидкие металлы и электролиты. Магнитные жидкости - это искусственно созданные жидкие среды, состоящие из стабилизированных нанометровых феррочастиц и жидкости-носителя (в зарубежной литературе для обозначения этих жидкостей используется термин "фиррожидкости"). Магнитная гидродинамика продолжает активно развиваться и приобретает всё большую значимость в технике, медицине, химических и биологических технологиях.

Основные понятия электромагнетизма

Изложены основные понятия и законы электромагнетизма, необходимые для развития теории магнитной гидродинамики.

Основные гидродинамики несжимаемой жидкости

Изложены основные понятия и законы гидродинамики несжимаемой жидкости, необходимые для развития теории магнитной гидродинамики.

Электропроводящие жидкости

Даются определение и разновидности электропроводящих жидкостей.

Электропроводность жидкостей. Способы оценки и измерений.

Определяется основное свойство электропроводящих жидкостей. Описываются способы измерения и оценки электропроводности жидкостей.

Предмет и уравнения МГД электропроводящей жидкости.

Описываются свойства и виды электропроводящих жидкостей. Выписываются уравнения МГД электропроводящей жидкости.

Прикладная значимость МГД электропроводящей жидкости. МГД-машины

Описывается элементарная теория кондукционных машин, созданных на основе МГД-канала.

Общие сведения о ферромагнитных материалах. Намагничивающиеся жидкости.

Приводятся сведения о магнитных материалах, состоящих из большого числа доменов, и об однодоменных магнитных частицах. Перечисляются состав, способы изготовления и основные физико-химические свойства магнитных жидкостей.

Условия стабильности магнитных жидкостей.

Методом теории размерности выводятся критерии физико-химической устойчивости магнитных жидкостей.

Суперпарамагнетизм магнитных жидкостей. Теория Ланжевена.

Выводятся соотношения суперпарамагнетизма с использованием классической теории Ланжевена.

Тензор напряжений. Плотность магнитной объёмной силы.

Выводятся выражения для тензора напряжения и плотности объёмной силы, возникающих в магнитных жидкостях в результате действия внешнего магнитного поля.

Подъём поверхности жидкости в перпендикулярном поле.

Выводится обобщённое уравнение Бернулли для магнитной жидкости и на его основе производится

анализ некоторых задач (задача Квинке, задача о подъёме поверхности магнитной жидкости в перпендикулярном поле и др.)

Свойства магнитных жидкостей и особенности их измерения.

Рассматриваются методы измерения объёмной доли магнитных частиц, намагниченности, вязкости, теплопроводности магнитных жидкостей.

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. Кирко И. Г., Кирко Г. Е. Магнитная гидродинамика: современное видение проблем/И. М. Кирко, Г. Е. Кирко.-Ижевск:Регулярная и хаотическая динамика,2009, ISBN 978-5-93972-752-5.-630.-Библиогр. в подстроч. примеч.. - Указ. имен.: с. 621-630
2. Гавриков М. Б. Двухжидкостная электромагнитная гидродинамика: научное издание/М. Б. Гавриков.- Москва:КРАСАНД,2018, ISBN 978-5-396-00886-1.-584.-Библиогр.: с. 572-581

Дополнительная:

1. Фертман В. В. Магнитные жидкости-естественная конвекция и теплообмен/В. В. Фертман ; ред. Р. И. Солоухин.-Минск:Наука и техника,1978.-206.-Библиогр.: с. 193-204
2. Фертман В. Е. Магнитные жидкости: справочное пособие/В. Е. Фертман.-Минск:Высшая школа,1988.-184.
3. Розенцвейг Р. Феррогидродинамика: пер. с англ./Р. Розенцвейг ; пер. В. В. Кирюшин ; ред. В. В. Гогосов.-Мир:Мир,1989, ISBN 5-03-000997-3.-357.-Библиогр.: с. 332-344
4. Берковский Б. М., Медведев В. Ф., Краков М. С. Магнитные жидкости/Б. М. Берковский, В. Ф. Медведев, М. С. Краков.-Москва:Химия,1989.-240.-Библиогр.: с. 225-231
5. Хрипченко С. Ю. Магнитная гидродинамика в плоских слоях проводящей жидкости: учебное пособие к спецкурсу для студентов механико-математического факультета, обучающихся по специальности "Механика. Прикладная математика"/С. Ю. Хрипченко.-Пермь,2010, ISBN 978-5-7944-1430-1.-104.- Библиогр.: с. 100-104
6. Космическая магнитная гидродинамика: Пер. с англ./Под. ред. Э. Приста, А. Худа.-М.: Мир, 1995, ISBN 5-03-003008-5.-439.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/MAGNITNAYA_GIDRODINAMIKA_MGD.html?page=0,0 Магнитная гидродинамика электропроводящих жидкостей

<http://lab4.icmm.ru/menu/research/pumps.html> МГД-машины.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C Магнитные жидкости

<http://www.fhd.nikolaev.ua/ru/technology/> Магнитные жидкости. Применение

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

Образовательный процесс по дисциплине **Введение в магнитную гидродинамику** 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;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Программное обеспечение:

- открытая операционная система "Альт Образование"
- офисный пакет приложений "LibreOffice";
- приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов;
- программы демонстрации видео материалов;
- программы просмотра интернет контента.

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

1. Лекционные занятия.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия)

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Групповые (индивидуальные) консультации.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный 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
Введение в магнитную гидродинамику**

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

ПК.1

Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p>	<p>ЗНАТЬ: основные законы, явления и методы исследования магнитной гидродинамики электропроводящих жидкостей и намагничивающихся жидкостей. ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом и методами исследования магнитной гидродинамики электропроводящих жидкостей и намагничивающихся жидкостей.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не демонстрирует знание основных законов и явлений магнитной гидродинамики. Не владеет основными понятиями, необходимыми для объяснения основных явлений и методами исследования в области магнитной гидродинамики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Имеет общие, но не структурированные знания основных законов и явлений магнитной гидродинамики. Имеет общее представление о методах исследования в области магнитной гидродинамики.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Имеет сформированные, но содержащие отдельные пробелы в знаниях основных законов и явлений магнитной гидродинамики. В целом успешно применяет основной понятийный аппарат и методы исследования в области магнитной гидродинамики.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Демонстрирует отличные систематизированные знания основных законов и явлений магнитной гидродинамики. Свободно владеет основными понятиями магнитной гидродинамики и методами её исследования.</p>

ПК.2

Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов</p>	<p>УМЕТЬ: сделать постановку задачи магнитной гидродинамики и решить её, используя современные методы экспериментальных и теоретических исследований; проводить анализ полученных данных с использованием современных информационных технологий и делать правильные выводы.</p>	<p>Неудовлетворител Не умеет делать постановку и решать задачи магнитной гидродинамики.</p> <p>Удовлетворительн Умеет делать постановку задач магнитной гидродинамики, но не знает методы решения этих задач.</p> <p>Хорошо Умеет делать постановку задач магнитной гидродинамики, знает методы их решения, но допускает неточности при реализации, приводящие к количественным несоответствиям.</p> <p>Отлично Умеет делать постановку и решать задачи магнитной гидродинамики, осуществлять количественный и качественный анализ результатов решения с использованием современных информационных технологий.</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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Основные понятия электромагнетизма Входное тестирование	Знания и навыки решения физических задач в области электромагнетизма и гидродинамики сплошной несжимаемой жидкости
ПК.1.1 Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования	Тензор напряжений. Плотность магнитной объёмной силы. Защищаемое контрольное мероприятие	Основные законы и явления магнитной гидродинамики. Владение понятийным аппаратом магнитной гидродинамики.
ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов	Подъём поверхности жидкости в перпендикулярном поле. Защищаемое контрольное мероприятие	Знание методов лабораторного исследования магнитной гидродинамики электропроводящих жидкостей.
ПК.2.2 Осуществляет проведение теоретического (экспериментального) исследования в рамках поставленной задачи, обработку и анализ полученных результатов	Свойства магнитных жидкостей и особенности их измерения. Защищаемое контрольное мероприятие	Знание методов лабораторного исследования магнитной гидродинамики намагничивающихся жидкостей.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Основные понятия электромагнетизма

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 проводится в форме опроса. Опрос состоит из 20 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.	20

Тензор напряжений. Плотность магнитной объёмной силы.

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет выводить физические уравнения магнитной гидродинамики	6
Умеет объяснять законы и явления магнитной гидродинамики, устанавливать причинно-следственные связи	6
Знает математическую запись основных законов магнитной гидродинамики	4
Знает определения физических величин из курса магнитной гидродинамики	2
Корректно использует термины и понятия магнитной гидродинамики при устных ответах на задаваемые вопросы	2

Подъём поверхности жидкости в перпендикулярном поле.

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Оформлен отчёт о проведенном исследовании в формате научной статьи	8
Получен развёрнутый устный ответ на первый вопрос, заданный в рамках теоретической защиты результатов проведенного исследования	5
Получен развёрнутый устный ответ на второй вопрос, заданный в рамках теоретической защиты результатов проведенного исследования	5
Проведены измерения с оценкой их погрешности.	2
Получен результат исследования, проведён его анализ и сделаны выводы.	2
Правильно выполнена настройка основных приборов и частей экспериментальной установки.	2
Определены все необходимые измерения, необходимые для решения поставленной задачи.	2
Корректно поставлена задача лабораторного исследования перед проведением измерений	2
Проведена обработка измерений.	2

Свойства магнитных жидкостей и особенности их измерения.

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Оформлен отчёт о проведенном исследовании в формате научной статьи	8
Получен развёрнутый устный ответ на первый вопрос, заданный в рамках теоретической защиты результатов проведенного исследования	5
Получен развёрнутый устный ответ на второй вопрос, заданный в рамках теоретической защиты результатов проведенного исследования	5
Правильно выполнена настройка основных приборов и частей экспериментальной установки.	2
Корректно поставлена задача лабораторного исследования перед проведением измерений	2
Получен результат исследования, проведён его анализ и сделаны выводы.	2
Определены все необходимые измерения, необходимые для решения поставленной задачи.	2
Проведены измерения с оценкой их погрешности.	2
Проведена обработка измерений.	2