

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра общей физики**

Авторы-составители: **Колчанов Николай Викторович  
Колчанова Екатерина Андреевна  
Бабушкин Игорь Аркадьевич  
Буркова Екатерина Николаевна**

Рабочая программа дисциплины  
**МАГНИТНАЯ ГИДРОДИНАМИКА**  
Код УМК 95930

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

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Магнитная гидродинамика

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

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

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Магнитная гидродинамика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.04.02** Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

**ПК.1** Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

**Индикаторы**

**ПК.1.1** Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики

**ПК.3** Способен организовывать и планировать физические исследования и опытно-конструкторские разработки

**Индикаторы**

**ПК.3.2** Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	36
<b>Проведение лекционных занятий</b>	12
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	108
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (1 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Магнитная гидродинамика (МГД)**

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 и гидродинамики несжимаемой жидкости**

Перечисляются основные понятия электромагнетизма и гидродинамики несжимаемой жидкости, на базе которых выводятся уравнения магнитной гидродинамики.

### **МГД электропроводящих жидкостей**

Рассмотрено влияние внешнего магнитного поля на электропроводящие среды.

### **Предмет и уравнения МГД электропроводящей жидкости. Методы теории размерности и подобия в МГД.**

Описываются свойства и виды электропроводящих жидкостей. Выписываются уравнения МГД электропроводящей жидкости. Разбираются теория размерности физических единиц, «Пи- теорема» Букингема, теорема физического подобия Гухмана- Кирпичева, подобие МГД- явлений

### **Плоскопараллельное равномерное течение в поперечном магнитном поле.**

Решается задача Гартмана или задача о стационарном равномерном плоскопараллельном течении электропроводящей жидкости между непроводящими стенками. Проведено обобщение на случай, когда стенки имеют произвольную проводимость.

### **Течение в прямоугольной трубе.**

Рассматривается исследование двумерных течений в трубах прямоугольного сечения. Производится сравнения с плоскопараллельным течением Гартмана.

### **Устойчивость ламинарного течения и особенности перехода к турбулентному состоянию в присутствии магнитного поля.**

Показывается влияние магнитного поля на переход ламинарного режима течения к турбулентному. Приводится формула для зависимости критического числа Рейнольдса от числа Гартмана. Рассматриваются особенности турбулентного течения жидких металлов в магнитном поле. Определяется гидравлическое сопротивление канала в сильных магнитных полях, число Стюарта, его физический смысл.

### **Обтекание тел электропроводящей жидкостью в магнитном поле.**

Описываются характерные особенности обтекания тел (пластина, цилиндр и др.) электропроводящей жидкостью в магнитном поле. Рассматривается случай малых магнитных чисел Рейнольдса.

### **Пограничный слой в МГД электропроводящей жидкости.**

Проводятся оценки толщины пограничного слоя для течения электропроводящей жидкости вблизи пластины, находящейся в поперечном магнитном поле. Выписываются уравнения Прандтля для магнитной гидродинамики. Решается задача о течении вдоль пластины.

### **МГД-машины.**

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

### **МГД-теория происхождения магнитных полей космических объектов.**

Излагается теория альфа- эффекта Штеенбека, Краузе, Редлера и теория МГД-динамо Солнца и звезд.

### **МГД намагничивающихся жидкостей**

МГД намагничивающихся жидкостей или феррогидродинамика - это сравнительно новое направление в науке, в котором исследуется вопрос о влиянии внешнего магнитного поля на искусственно синтезированные жидкие и дисперсные среды со способностью к намагничиванию. Описываются основные особенности, отличающие МГД поведение намагничивающихся жидкостей от изученного ранее поведения электропроводящих жидкостей. Рассматриваются условия стабильности и свойства магнитных коллоидных жидкостей, являющихся одним из примеров намагничивающихся жидкой сред. Выписываются уравнения движения и решается ряд задач о течениях магнитной жидкости. Оценивается потенциал использования магнитных жидкостей в медицине, технике, науке, биологических и химических производствах.

### **Общие сведения о ферромагнитных материалах.**

Приводятся сведения о магнитных материалах, состоящих из большого числа доменов, и об однодоменных магнитных частицах.

### **Магнитные жидкости. Условия стабильности магнитных жидкостей.**

Перечисляются состав, способы изготовления и основные физико-химические свойства 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.

### **Уравнения движения магнитной жидкости. 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. Формулируются уравнения движения для магнитной жидкости.

### **Течение магнитной жидкости по каналу.**

Описываются особенности течения магнитной жидкости по каналу в присутствие внешнего магнитного поля.

### **Вязкость магнитной жидкости. Магнито-вязкий эффект.**

Показывается, что действие магнитного поля может приводить к увеличению эффективной вязкости магнитной жидкости.

### **Уравнение Бернулли. Задача Квинке. 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.)

### **Устойчивость магнитной жидкости к тепловой конвекции.**

Рассматривается явление неустойчивости механического равновесия магнитной жидкости, аналогичное эффекту в задаче о Релеевской конвекции обычной жидкости. Магнитная жидкость подогревается с одной стороны и одновременно помещается в однородное магнитное поле, в результате чего, на жидкость действует объёмная сила, отличная от сил плавучести и возникающая из-за температурной зависимости намагниченности от температуры.

**Устойчивость поверхности магнитной жидкости в ортогональном магнитном поле**

Находятся условия спонтанного образования на плоской поверхности магнитной жидкости упорядоченных структур из острых пиков в случае ортогонально приложенного однородного магнитного поля.

## **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. Кирко И. М., Кирко Г. Е. Магнитная гидродинамика проводящих сред: учебное пособие для вузов/И. М. Кирко, Г. Е. Кирко.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0739-5.-3112.-Библиогр. в подстроч. примеч.
3. Фертман В. Е. Магнитные жидкости: справочное пособие/В. Е. Фертман.-Минск:Высшая школа,1988.-184.
4. 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
5. 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
6. 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
7. 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](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/MAGNITNAYA_GIDRODINAMIKA_MGD.html?page=0,0) Магнитная гидродинамика

[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](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

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

Образовательный процесс по дисциплине **Магнитная гидродинамика** 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](http://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  
Магнитная гидродинамика**

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

**ПК.1**

**Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.1</b> Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики</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 align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не умеет делать постановку и решать задачи магнитной гидродинамики.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Умеет делать постановку задач магнитной гидродинамики, но не знает методы решения этих задач.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Умеет делать постановку задач магнитной гидродинамики, знает методы их решения, но допускает неточности при реализации, приводящие к количественным несоответствиям.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Умеет делать постановку и решать задачи магнитной гидродинамики, осуществлять количественный и качественный анализ результатов решения с использованием современных информационных технологий.</p>

**ПК.3**

**Способен организовывать и планировать физические исследования и опытно-конструкторские разработки**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.3.2</b> Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p>	<p>УМЕТЬ: составлять и оформлять научные отчёты, доклады, обзоры и статьи ЗНАТЬ: структуры научного отчёта, доклада, обзора и статьи</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> - не умеет оформлять научные отчёты, доклады, обзоры и статьи; - не знает типовые структуры научного отчёта, доклада, обзора и статьи.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> - умеет оформлять научный отчёт по результатам исследований, но не в состоянии сделать по полученным результатам доклад, сделать обзор для верификации и оформить статью</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>- умеет оформлять научный отчёт по результатам исследований, представлять полученные результаты перед аудиторией, делать обзор, качество которого не позволяет верифицировать результаты исследования и опубликовать из в рейтинговых научных журналах.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>- умеет оформлять научный отчёт по результатам исследований, представлять полученные результаты перед аудиторией, делать обзор, верифицировать результаты исследования и публиковать статьи в рейтинговых научных журналах.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**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
<b>Входной контроль</b>	Основные понятия электромагнетизма и гидродинамики несжимаемой жидкости <b>Входное тестирование</b>	Знания и навыки решения физических задач в области электромагнетизма и гидродинамики сплошной несжимаемой жидкости
<b>ПК.1.1</b> Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики <b>ПК.3.2</b> Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	МГД-теория происхождения магнитных полей космических объектов. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Основные законы и явления магнитной гидродинамики электропроводящих жидкостей. Владение понятийным аппаратом магнитной гидродинамики электропроводящих жидкостей.
<b>ПК.1.1</b> Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики <b>ПК.3.2</b> Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	Уравнение Бернулли. Задача Квинке. Подъем поверхности жидкости в перпендикулярном поле. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Умение делать постановку задачи из области магнитной гидродинамики и решать её, используя современные методы экспериментальных и теоретических исследований; проводить анализ полученных данных с использованием современных информационных технологий и делать правильные выводы.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.1.1</b> Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики <b>ПК.3.2</b> Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	Устойчивость поверхности магнитной жидкости в ортогональном магнитном поле <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Основные законы и явления магнитной гидродинамики намагничивающихся жидкостей. Владение понятийным аппаратом магнитной гидродинамики намагничивающихся жидкостей.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Основные понятия электромагнетизма и гидродинамики несжимаемой жидкости**

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Входной контроль проводится в форме опроса. Опрос состоит из 20 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.	20

#### **МГД-теория происхождения магнитных полей космических объектов.**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

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

#### **Уравнение Бернулли. Задача Квинке. Подъем поверхности жидкости в перпендикулярном поле.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **60**

Проходной балл: **30**

Показатели оценивания	Баллы
Оформлен индивидуальный отчёт о работе по решению задачи 1 из области магнитной гидродинамики в форме статьи. Отчёт должен содержать следующие смысловые части: 1) заглавие, соответствующее теме исследования и содержанию работы; 2) аннотация, кратко раскрывающее основное содержание; 3) введение, включающее обзор литературы по теме задачи 1 и описание основных целей работы; 4) логически выстроенная основная часть, содержащая постановку задачи, методы решения, порядок выполнения работы и другие необходимые авторские подразделы; 5) описание результатов решения задачи 1; 6) заключение, которое должна содержать информацию об анализе полученных результатов и сравнении их с известными работами; 7) список литературы, соответствующий правилам оформления статей. Каждая часть оценивается в 2 балла. Если какие-то части отчёта отсутствуют или содержат ошибки (противоречия физическим законам, ошибочная информация и др.), то баллы за эти части отчёта не начисляются.	14
Оформлен индивидуальный отчёт о работе по решению задачи 2 из области магнитной гидродинамики в форме статьи. Отчёт должен содержать следующие смысловые части: 1) заглавие, соответствующее теме исследования и содержанию работы; 2) аннотация, кратко раскрывающее основное содержание; 3) введение, включающее обзор литературы по теме задачи 1 и описание основных целей работы; 4) логически выстроенная основная часть, содержащая постановку задачи, методы решения, порядок выполнения работы и другие необходимые авторские подразделы; 5) описание результатов решения задачи 1; 6) заключение, которое должна содержать информацию об анализе полученных результатов и сравнении их с известными работами; 7) список литературы, соответствующий правилам оформления статей. Каждая часть оценивается в 2 балла. Если какие-то части отчёта отсутствуют или содержат ошибки (противоречия физическим законам, ошибочная информация и др.), то баллы за эти части отчёта не начисляются.	14
Сделан устный 45-минутный доклад по теме и результатам решения задачи 1 из области магнитной гидродинамики	6
Сделан устный 45-минутный доклад по теме и результатам решения задачи 2 из области магнитной гидродинамики	6
Решена задача 2 из области магнитной гидродинамики и получены результаты	4
Решена задача 1 из области магнитной гидродинамики и получены результаты	4
Сделаны исчерпывающие ответы на вопросы аудитории во время устного доклада по теме и результатам решения задачи 1 из области магнитной гидродинамики	4
Сделаны исчерпывающие ответы на вопросы аудитории во время устного доклада по теме и результатам решения задачи 2 из области магнитной гидродинамики	4
Проделан количественный и качественный анализ результатов решения задачи 2 из области магнитной гидродинамики с использованием современных информационных технологий	2
Проделан количественный и качественный анализ результатов решения задачи 1 из области магнитной гидродинамики с использованием современных информационных технологий	2

## **Устойчивость поверхности магнитной жидкости в ортогональном магнитном поле**

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет выводить физические уравнения магнитной гидродинамики намагничивающейся жидкости	6
Умеет объяснять законы и явления магнитной гидродинамики намагничивающейся жидкости	6
Знает математическую запись основных законов магнитной гидродинамики намагничивающейся жидкости	4
Знает определения физических величин из курса магнитной гидродинамики намагничивающейся жидкости	2
Корректно использует термины и понятия магнитной гидродинамики намагничивающейся жидкости при устных ответах на задаваемые вопросы	2