

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

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: Пшеничников Александр Федорович
Картавых Наталья Николаевна

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ
Код УМК 64373

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Физика магнитных жидкостей

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 **Физика магнитных жидкостей** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

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

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика магнитных жидкостей. Первый уч. период

Дисциплина «Физика магнитных жидкостей» направлена на формирование компетенции студентов в области физики магнитных жидкостей – нового направления в науке, появившегося в последние десятилетия на стыке трех традиционных направлений: физики магнитных явлений, физической гидродинамики и коллоидной химии. В рамках дисциплины студенты изучают равновесную намагниченность разбавленных ферроколлоидов, эффекты, связанные с межчастичными (стерическими, магнитодипольными, Ван-дер-Ваальсовыми и гидродинамическими) взаимодействиями, магнитофорез, седиментацию и диффузию коллоидных частиц, гидродинамику магнитных жидкостей и вопросы, связанные с применением магнитных жидкостей в машино- и приборостроении.

Общее представление о магнитных жидкостях. Область применения

Основные магнитные величины, единицы измерения в системе СИ и СГС. Общее представление о магнитных жидкостях. Их основные свойства и применение. Магнитожидкостные герметизирующие устройства, громкоговорители, сепараторы металлов и минералов, дефектоскопия, демпферы, насосы. Медицинские приложения.

Равновесная намагниченность ферроколлоидов

Намагниченность в одночастичном приближении и ее асимптотики для монодисперсного ферроколлоида. Полидисперсность реальных жидкостей, ее учет в теории Ланжевена. Проблема учета межчастичных взаимодействий. Магнитное поле в окрестности однородно намагниченного шара. Модель Вейсса эффективного поля, модификация эффективного поля. Границы применимости различных теоретических моделей. Магнитогранулометрический анализ.

Магнитофорез, седиментация и диффузия коллоидных частиц

Уравнение диффузии и характерные диффузионные времена. Формула Эйнштейна для коэффициента диффузии коллоидных частиц. Магнитофорез и диффузия в магнитном поле.

Гидродинамика магнитных жидкостей

Уравнение движения магнитной жидкости в квазиравновесном приближении. Уравнение Бернулли. Сила, действующая на тело, погруженное в магнитную жидкость. Магнитный скачок давления на границе двух сред. Вязкость магнитных суспензий. Магнитореологический эффект. Механическое равновесие неизотермической магнитной жидкости. Тепловая конвекция в градиентном и однородном магнитных полях.

Магнитная жидкость в переменном поле

Броуновский и неелевский механизмы релаксации магнитного момента. Динамическая восприимчивость монодисперсного ферроколлоида (формулы Дебая). Восприимчивость реальных ферроколлоидов. Роль полидисперсности частиц. Восприимчивость магнитных жидкостей при низких температурах. Диссипация энергии в переменном поле.

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. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0123-4. - 656
2. Алешкевич, В.А. Электродинамика : учебник / В.А. Алешкевич. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 404 с. — ISBN 978-5-9221-1555-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/580915>

Дополнительная:

1. Полунин В. М. Акустические эффекты в магнитных жидкостях: [монография] / В.М. Полунин. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008, ISBN 978-5-9221-0930-7. - 207. - Библиогр.: с. 173-186 (245 назв.)
2. Руководство к лабораторным работам по электричеству: Магнитные свойства материалов: работы 38, 39 / ПГУ им. А. М. Горького. - Пермь: ПГУ, 1979. - 19.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<https://ufn.ru/ru/articles/1974/3/b/> Статья в журнале "Успехи физических наук"

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.01.069> Journal of Magnetism and Magnetic Materials

<https://doi.org/10.7242/1999-6691/2014.7.1.1> Статья в журнале "Вычислительная механика сплошных сред"

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

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

- 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 и т.д.).
- Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:
- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы,
 - офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении 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 магнитных жидкостей**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Студент должен</p> <ul style="list-style-type: none"> - свободно владеть терминологией в толковании физического смысла магнитных величин; - знать основные законы, формулы и области их применимости; - знать алгоритм или способ получения основных формул и соотношений между теми, или иными физическими величинами; - уметь пользоваться системами единиц СИ и СГС и решать стандартные задачи, рассмотренные преподавателем в течение семестра; - знать характерные значения микроскопических величин и иметь навыки по численным оценкам основных макроскопических величин, относящихся к магнитным жидкостям 	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не владеет терминологией в толковании физического смысла магнитных величин; не знает основные законы, формулы и области их применимости; не знает алгоритм или способ получения основных формул и соотношений между теми, или иными физическими величинами; не умеет пользоваться системами единиц СИ и СГС и решать стандартные задачи, рассмотренные преподавателем в течение семестра;</p> <p>не знает характерные значения микроскопических величин и имеет навыки по численным оценкам основных макроскопических величин, относящихся к магнитным жидкостям</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Владеет терминологией в толковании физического смысла магнитных величин; знает основные законы, формулы и области их применимости; умеет пользоваться системами единиц СИ и СГС и решать стандартные задачи, рассмотренные преподавателем в течение семестра</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Владеет терминологией в толковании физического смысла магнитных величин; знает основные законы, формулы и области их применимости; знает алгоритм или способ получения основных формул и соотношений между теми, или иными физическими величинами; умеет пользоваться системами единиц СИ и СГС и решать стандартные задачи,</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>рассмотренные преподавателем в течение семестра; знает характерные значения микроскопических величин</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Свободно владеет терминологией в толковании физического смысла магнитных величин; знает основные законы, формулы и области их применимости; знает алгоритм или способ получения основных формул и соотношений между теми, или иными физическими величинами; умеет пользоваться системами единиц СИ и СГС и решать стандартные задачи, рассмотренные преподавателем в течение семестра; знает характерные значения микроскопических величин и имеет навыки по численным оценкам основных макроскопических величин, относящихся к магнитным жидкостям</p>
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>- знать эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями в магнитных жидкостях, включая оценку возможностей современных компьютеров в проблеме расчета физических свойств дипольных систем;</p> <p>- уметь использовать методы решения гидродинамических задач с магнитными жидкостями;</p> <p>- владеть методами расчета намагниченности разбавленных ферроколлоидов;</p> <p>- владеть методами и навыками в области магнитогранулометрического анализа;</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не владеет методами расчета намагниченности разбавленных ферроколлоидов; не знает эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями в магнитных жидкостях, включая оценку возможностей современных компьютеров в проблеме расчета физических свойств дипольных систем; не владеет методами и навыками в области магнитогранулометрического анализа; не умеет использовать методы решения гидродинамических задач с магнитными жидкостями</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями в магнитных жидкостях, включая оценку возможностей современных компьютеров в проблеме расчета физических свойств дипольных систем; умеет использовать методы решения</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>гидродинамических задач с магнитными жидкостями</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Владеет методами расчета намагниченности разбавленных ферроколлоидов; знает эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями в магнитных жидкостях, включая оценку возможностей современных компьютеров в проблеме расчета физических свойств дипольных систем; умеет использовать методы решения гидродинамических задач с магнитными жидкостями</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Владеет методами расчета намагниченности разбавленных ферроколлоидов; знает эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями в магнитных жидкостях, включая оценку возможностей современных компьютеров в проблеме расчета физических свойств дипольных систем; владеет методами и навыками в области магнитогранулометрического анализа; умеет использовать методы решения гидродинамических задач с магнитными жидкостями</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Общее представление о магнитных жидкостях. Область применения Входное тестирование	Студент знает понятия температуры, диффузии, распределения Больцмана, напряженности и индукции магнитного поля
ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Равновесная намагниченность ферроколлоидов Письменное контрольное мероприятие	Проверке подлежит письменный (оформленный в редакторе Word) отчет по лабораторным работам, включающий в себя описание цели, приборной базы и методики эксперимента, таблицы с первичными экспериментальными данными, результаты их обработки и выводы.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Гидродинамика магнитных жидкостей</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>1. Основные магнитные величины и соотношения между ними. Размагничивающий фактор. 2. Силы Ван-дер-Ваальса. Стабилизация коллоидных растворов. 3. Равновесная намагниченность разбавленных растворов. Пределы слабых и сильных полей. 4. Полидисперсность магнитных жидкостей и ее учет в теории Ланжевена. 5. Магнитогранулометрический анализ разбавленных ферроколлоидов. 6. Диффузия коллоидных частиц. Уравнение диффузии. 7. Формула Эйнштейна для коэффициента диффузии коллоидных частиц. Седиментация. 8. Магнитофорез. Уравнение массопереноса для магнитной жидкости. 9. Равновесное распределение магнитных частиц в разбавленном растворе.</p>
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p> <p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Магнитная жидкость в переменном поле</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>1. Квазиравновесная феррогидродинамика. Уравнение движения. 2. Уравнение Бернулли для магнитной жидкости. 3. Силы, действующие на тело, погруженное в магнитную жидкость. 4. Магнитный скачок давления на границе жидкости. 5. Терромагнитная конвекция. 6. Релаксационное уравнение для намагниченности. Простейшие релаксационные процессы. 7. Магнитная жидкость в переменном поле. Формулы Дебая. 8. Два механизма релаксации магнитного момента в нанодисперсных частицах.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Общее представление о магнитных жидкостях. Область применения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.3 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знает распределение Больцмана	2
Знает понятия напряженности и индукции магнитного поля	2
Знает понятие температуры	1
Знает понятие диффузии	1

Равновесная намагниченность ферроколлоидов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Полностью и грамотно оформленный отчет по лабораторной работе «Ротационный вискозиметр»	2
Полностью и грамотно оформленный отчет по лабораторной работе «Магнито-гранулометрический анализ магнитных жидкостей»	2
Полностью и грамотно оформленный отчет по лабораторной работе «Измерение реологических кривых на стандартном вискозиметре»	1
Полностью и грамотно оформленный отчет по лабораторной работе «Определение энергии активации по температурной зависимости вязкости»	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Гидродинамика магнитных жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Грамотный и полный ответ на вопрос	6
Несущественные ошибки в промежуточных выкладках и формулах	5
Существенные ошибки в математике, но правильная терминология и трактовка конечных результатов	4
Существенные ошибки в математике и погрешности в трактовке результатов	3
Объем знаний 20 – 40%	2
Объем знаний ниже	1

20%	
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Магнитная жидкость в переменном поле

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Грамотный и полный ответ на вопрос	6
Несущественные ошибки в промежуточных выкладках и формулах	5
Существенные ошибки в математике, но правильная терминология и трактовка конечных результатов	4
Существенные ошибки в математике и погрешности в трактовке результатов	3
Объем знаний 20 – 40%	2
Объем знаний ниже 20%	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0