


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры теоретической физики  
протокол № 9 от 30.05.2019

Зав. кафедрой  Вахитов Р.М.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Макроскопическая электродинамика**

*(наименование дисциплины)*

**Факультатив, вариативная часть**

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа магистратуры**

**Направление подготовки**

**03.04.02 – Физика**

*(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)*

**Профиль подготовки**

**Физика конденсированного состояния вещества**

**Квалификация  
магистр**

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019

Составитель / составители: к.ф.-м.н., доц. Харисов А.Т.

Заведующий кафедрой *Вахитов* / Вахитов Р.М. /

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории магнитоупорядоченных веществ	ПК-1	
	2. Знать основные положения и уравнения феноменологической теории магнитоупругого взаимодействия в ферромагнетиках	ПК-2	
Умения	1. Находить спектр магнитоупругих волн	ПК-2	
	2. Находить спектр магнитоупругих волн с учётом спонтанных деформаций	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области магнитоакустики	ПК-3	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОК-1	

## 2. Указание места дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина входит в раздел «Б1.В.ДВ. Вариативная часть, дисциплина по выбору» ФГОС ВО.

В процессе изучения спецкурса студенты должны изучить основные методы расчета магнитоупругих явлений в ферромагнитных кристаллах, находящихся во внешних магнитных полях на основе феноменологического подхода.

Для освоения данной дисциплины студенту необходимо освоить предварительно следующие дисциплины: общая физика, электродинамика, теория упругости, векторный и тензорный анализ, высшая алгебра, микромагнетизм.

### 1. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения

**образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка компетенции:

Код и формулировка компетенции:

ОК-1 – способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные представления теории идеальной и вязкой жидкости	Имеет фрагментарные знания об основных представлениях теории идеальной и вязкой жидкости	Знает основные представления теории идеальной и вязкой жидкости
Второй этап	Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной жидкости	Умеет фрагментарно решать типовые задачи на расчет простейших течений идеальной жидкости	Уверенно рассчитывает простейшие течения идеальной жидкости
Третий этап	Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	Не владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	Владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики

ПК-2 – способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	Не знает основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	Знает основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости
Второй этап	Уметь рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	Не умеет рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	Умеет рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости
Третий этап	Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).	Не владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).	Владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).

ПК-3– способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно технологической деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать физическую природу магнетиз-	Не знает	Имеет фрагментарные знания	Фрагментарные знания	Достаточно уверенно знает профес-

	<p>ма, основные типы магнетиков; свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные характеристики и свойства неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов; основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел</p>		<p>профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;</p>	<p>профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;</p>	<p>сиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.</p>
<p>Второй этап</p>	<p>Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа Уметь произвести расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа</p>	<p>Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач</p>	<p>Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач</p>
<p>Третий этап</p>	<p>Владеть методами описания и механизмы взаимодействия; электрического и электромагнитного поля с решеткой; методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.</p>	<p>Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>	<p>Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>	<p>Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач</p>	<p>Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач</p>

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать основные представления теории идеальной и вязкой жидкости	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Знать основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	ПК-2,ПК-3	
2-й этап Умения	1. Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной жидкости	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Уметь рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	ПК-2	
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ПК-2,ПК-3	

**Вопросы к зачёту по теоретическому материалу**

- Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера.
- Условие отсутствия конвекции. Стационарное течение. Уравнение Бернулли. Плотность и поток энергии и импульса.
- Сохранение циркуляции скорости. Несжимаемая жидкость. Потенциальное течение.
- Уравнение движения вязкой жидкости. Уравнение Навье – Стокса.
- Течение несжимаемой вязкой жидкости. Сохранение энергии.
- Законы подобия. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала
- Течение при малых числах Рейнольдса. Задачи обтекания шара и цилиндра.
- Решение для задачи обтекания шара. Сила, действующая на шар со стороны жидкости. Сила Стокса.
- Точные стационарные решения уравнений движения для вязкой жидкости. Увлечение жидкости вращающимся диском.
- Стационарное течение между вращающимися цилиндрами.
- Течение в диффузоре и конфузоре.
- Понятие о турбулентности. Проблема устойчивости стационарного движения жидкости.

**Зачет** проходит в устной форме и заключается в собеседовании по одному из вышеприведённых вопросов в каждом семестре. В случае показа удовлетворительных знаний, выставляется зачёт. Допуском к зачёту является полное выполнение домашних работ и наличие зачёта за реферат.

**Темы рефератов**

- Устойчивость вращательного движения жидкости между цилиндрами.
- Устойчивость течения по трубе. Конвективные возмущения.
- Неустойчивость тангенциальных разрывов.

4. Пространство состояний и фазовые диаграммы. Квазипериодическое движение. Предельная точка. Предельный цикл.
5. Поведение системы вблизи предельного цикла. Аттрактор. Появление циклов при возрастании числа Рейнольдса. Несоизмеримость периодов.
6. Переход к турбулентности путем удвоения частот и удвоения периодов. Странный аттрактор. Стохастичность.
7. Развитая турбулентность. Корреляционная функция скоростей. Турбулентные области. Турбулентный след.
8. Перенос тепла в жидкости. Общее уравнение переноса тепла. Уравнение теплопроводности.
9. Перенос тепла в несжимаемой жидкости. Уравнение Фурье.
10. Решение уравнений для температуры в случаях неограниченной и ограниченной среды.
11. Закон подобия в случае уравнений теплопроводности. Числа Прандтля и Нуссельта.
12. Теплопередача в пограничном слое. Нагревание тела в движущейся жидкости.

## Темы рефератов

1. Свободная конвекция. Число Рэлея.
2. Конвективная неустойчивость. Доказательство мнимости частот.
3. Условия возникновения конвекции. Критическое число Рэлея.
4. Явление диффузии. Общая система уравнений диффузии.
5. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онзагера и его применение в теории теплопереноса и массопереноса.
6. Коэффициенты диффузии. Коэффициенты диффузии и термодиффузии.
7. Сжимаемая жидкость. Распространение звука в жидкости. Энергия и импульс звуковой волны.
8. Возбуждение звука турбулентностью. Принцип взаимности.
9. Акустическое течение. Вторая вязкость.
10. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Ударные волны.
11. Неустойчивость ударных волн. Ширина ударных волн.
12. Возникновение ударных волн при обтекании конечных тел.

**Зачёт за реферат** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы реферата, продемонстрировал знание терминологии, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы.

В каждом семестре предусмотрены три **домашние работы**. Для зачитывания каждого домашнего задания от студента требуется, чтобы было приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов.

### Пример задач домашней работы

1. Найти силу, действующую на квадратную стенку аквариума, до краев заполненного водой. На какой высоте от дна находится точка приложения этой силы.
2. Тонкая палочка одним концом прикреплена к стенке сосуда, а другим погружена в воду. Палочка может вращаться относительно горизонтальной оси шарнира, находящегося над уровнем жидкости. Найти плотность материала палочки, если при равновесии в воду погружена ее половина. Вычислить отношение силы реакции в шарнире к весу палочки.
3. Тяжелая жидкость покоится относительно движущейся открытой цистерны. Найти угол наклона  $\alpha$  свободной поверхности к горизонту, если цистерна а) движется в горизонтальной плоскости с постоянным ускорением  $a$ ; б) соскальзывает с плоскости, наклоненной под углом  $\theta$  к горизонту. Коэффициент трения  $k$  известен. В каком случае поверхности жидкости будет горизонтальна?

На практических и лабораторных занятиях студенты решают задачи у доски в аудитории. Для демонстрации освоения предусмотренных дисциплиной компетенций каждый студент в семестр не менее одного раза должен выступить у доски.

### Пример задач для практического занятия

1. Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного продольного перепада давления  $i_0 = -\partial p/\partial x$  (течение Пуазейля), если сечение трубы есть круг радиуса  $a$ . Вычислить расход, максимальную и среднюю по сечению скорости.



2. Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного продольного перепада давления  $i_0 = -\hat{\partial}p/\hat{\partial}x$  (течение Пуазейля), если сечение трубы есть круговое кольцо ( $a$  и  $b$  – внутренний и внешний радиусы). Вычислить расход, максимальную и среднюю по сечению скорости.
3. Вязкая жидкость заключена между двумя бесконечно длинными коаксиальными цилиндрами, вращающимися вокруг оси с постоянными угловыми скоростями  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ . Градиент давления вдоль оси отсутствует. Радиусы цилиндров равны  $R_1$  и  $R_2$ ,  $R_2 > R_1$ . Найти распределение скоростей (вращательное течение Куэтта). Силу тяжести не учитывать. Считать, что отлична от нуля только угловая (азимутальная) компонента скорости.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика М.: Физматлит, 2001. 731 с. [В библиотечку БашГУ имеется 28 экз.]

#### б) дополнительная литература:

2. К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг. Нефтегазовая гидромеханика. Изд. 2-е, доп. — М.: Институт компьютерных исследований, 2005. — 544 с. [В библиотечку БашГУ имеется 8 экз.]
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.1. 528 с. [В библиотечку БашГУ имеется 10 экз.]
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.2. 560 с. [В библиотечку БашГУ имеется 10 экз.]

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория № 219а или № 224 (физмат корпус)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 219а или № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические и лабораторные занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор, компьютеры
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

Приложение № 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Виды учебной работы	Семестр № <u>2</u> . Количество часов
Аудиторные занятия	34
Лекции	16
Лабораторные занятия	-
Практические занятия	14
Самостоятельная работа студентов	83
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
Виды контроля	экзамен

Форма(ы) контроля:  
 экзамен 2 семестр

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Основные представления теории магнитоупорядоченных веществ.	ЛК ПР	2 2	1. 2.			
2.	Основные положения и уравнения феноменологической теории магнитоупругого взаимодействия в ферромагнетиках.	ЛК ПР	2 2	1. 2.	Проработать 2	2	Собеседование
3.	Упругие и спиновые волны.	ЛК ПР	2 2	2.	Проработать 3	2	Собеседование
4.	Магнитоупругие волны.	ЛК ПР	2 2	1 – 5.	Проработать 1	2	Собеседование
5.	Влияние магнитодипольного взаимодействия на спектр магнитоупругих волн.	ЛК ПР	2 2	4.			
6.	Спонтанные деформации. Эффект магнитоупругой щели.	ЛК ПР	2 2	3.	Проработать 5	2	Собеседование
7.	Акустический эффект Фарадея и двулучепреломления.	ЛК ПР	2 2	2.	Проработать 4	2	Собеседование
8.	Влияние релаксации намагниченности на спектр магнитоупругих волн в ферромагнетиках.	ЛК	1	6.	Проработать 6	2	Собеседование
9.	Вращательно-инвариантная теория магнитоупругих волн в ферромагнетиках.	ЛК	1	5.	Проработать 8	2	Собеседование
		<b>ИТОГО</b>	<b>16 14</b>			<b>83</b>	<b>экзамен</b>

