

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Радиофизические методы исследования веществ и материалов М1.ДВ.3

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров М.С.

**Рецензент(ы):**

Тагиров Л.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Тагиров М.С. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем, Murat.Tagirov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины - "Радиофизические методы исследования вещества и материалов" является изучение современных методов магнитометрии, магнитного резонанса, диэлектрической спектроскопии, импедансной спектроскопии и томографии.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.3 Общенаучный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина "Радиофизические методы исследования вещества и материалов" входит в блок профессионального цикла подготовки магистров по направлению 011200.68 - "Физика" и является необходимой для изучения в рамках магистерской программы "Физика магнитных явлений".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью порождать новые идеи (креативность)
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (в соответствии с профилем магистерской программы)
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать знаниями о границах практического применения методов и их сопоставление

2. должен уметь:

ориентироваться в современных методах исследования конденсированной материи

3. должен владеть:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать знаниями о границах практического применения методов и их сопоставление

4. должен демонстрировать способность и готовность:

работать со специальной литературой и в Интернете преимущественно на английском языке.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	2	1	2	0	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Магнитометрия человеческого мозга	2	2	2	2	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Магнитная кардиология	2	3	2	2	0	реферат
4.	Тема 4. Сверхсильные магнитные поля	2	4-5	4	4	0	устный опрос
5.	Тема 5. ЯМР в сильных магнитных полях	2	6	2	2	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Стационарный ЭПР в сильных магнитных полях	2	7-8	4	4	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Электронное спиновое эхо в сильных магнитных полях	2	9	2	2	0	домашнее задание
8.	Тема 8. ЭПР томография	2	10	2	2	0	презентация
9.	Тема 9. ЯМР томография	2	11-13	6	8	0	домашнее задание презентация
10.	Тема 10. Ядерный магнитный каротаж	2	14-15	4	4	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Диэлектрическая спектроскопия	2	16	2	2	0	устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	экзамен
	Итого			32	32	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Вводная лекция по курсу "Радиофизические методы исследования веществ и материалов" содержит краткий исторический экскурс радиофизических методов и дается информация о современном положении дел в этом направлении.

### Тема 2. Магнитометрия человеческого мозга

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

В начале лекции рассматриваются практическое использование эффектов Джозефсона в квантовых магнетометрах-сквидах. Особое внимание уделяется магнитной экранировке. Приводятся необходимые данные из анатомии мозга человека.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Во время практического занятия студенты знакомятся с устройством и работой так называемой клетки Фарадея, измеряют коэффициент ослабления электромагнитных волн на разных частотах.

### **Тема 3. Магнитная кардиология**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

В лекции рассматриваются биологические источники переменных магнитных полей. Приводится типичная конструкция магнитокардиографа на основе квантового магнетометра.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

На практических занятиях студенты проводят соотнесение электрокардиограмм и магнитокардиограмм различных пациентов.

### **Тема 4. Сверхсильные магнитные поля**

#### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Делается краткий экскурс в работе над получением сильных и сверхсильных магнитных полей. Отдельно рассматриваются классические работы академика П.Л.Капицы по получению импульсных сильных магнитных полей.

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Студенты измеряют горизонтальную составляющую магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

### **Тема 5. ЯМР в сильных магнитных полях**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

В вводной части рассматриваются преимущества ЯМР в сильных магнитных полях (на частотах до 1 ГГц). Отдельно рассматриваются ЯМР высокого разрешения в сильных магнитных полях, ЯМР широких линий на частотах до 1000 МГц в твердых телах и импульсный ЯМР в твердых телах умеренных магнитных полях на частотах до 1 ГГц.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Знакомство с ЯМР-спектрометрами фирмы Bruker, работающих на частотах 500 и 700 МГц в ИФ КФУ.

### **Тема 6. Стационарный ЭПР в сильных магнитных полях**

#### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

В вводной части рассматриваются преимущества ЭПР в сильных магнитных полях (на частотах до 1,5 ТГц). Отдельно рассматриваются: спектрометры фирмы Bruker, работающих на частотах 92 и 260 ГГц; низкополевые высокочастотные ЭПР-спектрометры лабораторного изготовления (КФТИ КНЦ, РАН); лазерные ЭПР-спектрометры на частотах до 1,5 ТГц.

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Знакомство с ЭПР-спектрометром Bruker E-680 в НИЛ МРС и КЭ имени Альтшулера в КФУ и ЭПР-спектрометром в КФТИ КНЦ РАН.

### **Тема 7. Электронное спиновое эхо в сильных магнитных полях**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

В начале лекции приводится информация о механизме образования электронного спинового эха и параметров его характеризующих. Более детально рассматриваются вопросы особенностей электронного спинового эха в сильных магнитных полях и методы его детектирования.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Знакомство с импульсным ЭПР-спектрометром Bruker E-680 в лаборатории имени Альтшулера в КФУ.

### **Тема 8. ЭПР томография**

#### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

В начале даются основные понятия и особенности низкочастотной ЭПР томографии. Особое внимание уделяется работе с оптимальными спиновыми метками. Подчеркивается преимущество адиабатического прохождения стационарного ЭПР для быстрой регистрации ЭПР томограмм.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Студенты знакомятся с последними разработками в области ЭПР-томографии в университете города Chicago по электронным материалам профессора Бориса Эппеля.

**Тема 9. ЯМР томография**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

В лекции приводятся физические основы различных методик ЯМР-томографии. Особое внимание выделяется преимуществам высокопольной ЯМР-томографии.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Студенты знакомятся с высокопольным ЯМР-томографом в томографическом центре Республиканской Клинической Больнице ♦2.

**Тема 10. Ядерный магнитный каротаж**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

В данной лекции приводятся особенности импульсного ЯМР в условиях каротажа нефтяных скважин. Особое внимание уделяется конструктивным особенностям ЯМР-спектрометров и методик измерения T1 И T2 протонов нефти минерализированной воды и бурового раствора.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Студенты знакомятся с прибором ЯМК, созданным в рамках правительственного постановления П-218.

**Тема 11. Диэлектрическая спектроскопия**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Вводятся основные параметры, описывающие диэлектрические свойства конденсированной материи. Особое внимание уделяется частотной зависимости диэлектрической проницаемости. Подчеркивается особое поведение молекул воды в разных частотных диапазонах.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Студенты знакомятся с современным диэлектрическим спектрометром на кафедре радиоэлектроники КФУ.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение	2	1	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Магнитометрия человеческого мозга	2	2	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
3.	Тема 3. Магнитная кардиология	2	3	подготовка к реферату	8	реферат
4.	Тема 4. Сверхсильные магнитные поля	2	4-5	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. ЯМР в сильных магнитных полях	2	6	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
6.	Тема 6. Стационарный ЭПР в сильных магнитных полях	2	7-8	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Электронное спиновое эхо в сильных магнитных полях	2	9	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
8.	Тема 8. ЭПР томография	2	10	подготовка к презентации	8	презентация
9.	Тема 9. ЯМР томография	2	11-13	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
				подготовка к презентации	10	презентация
10.	Тема 10. Ядерный магнитный каротаж	2	14-15	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
11.	Тема 11. Диэлектрическая спектроскопия	2	16	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				98	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, практические занятия и подготовка презентаций, встречи с представителями российских и зарубежных компаний, мастер-классы экспертов и специалистов.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Введение

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение отдельных вопросов курса лекций "Техника радиоспектроскопии".

### Тема 2. Магнитометрия человеческого мозга

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение эффектов Джозефсона и различных типов квантовых магнетометров.

### Тема 3. Магнитная кардиология

реферат , примерные темы:

Подготовка реферата на тему "Электрокардиография и магнитокардиография".

### Тема 4. Сверхсильные магнитные поля

устный опрос , примерные вопросы:

Проводится устный опрос на тему методов получения сверхсильных магнитных полей.

### Тема 5. ЯМР в сильных магнитных полях

домашнее задание , примерные вопросы:

Графическое представление 2D ЯМР-измерений.

### Тема 6. Стационарный ЭПР в сильных магнитных полях

домашнее задание , примерные вопросы:

Работа генераторов электромагнитных колебаний на частотах свыше 70 ГГц.

### Тема 7. Электронное спиновое эхо в сильных магнитных полях

домашнее задание , примерные вопросы:



Изучение необходимых и достаточных условий наблюдения электронного спинового эха.

### **Тема 8. ЭПР томография**

презентация , примерные вопросы:

Знакомство с последними разработками в области ЭПР-томографии в университете города Chicago по электронным материалам профессора Бориса Эппеля.

### **Тема 9. ЯМР томография**

домашнее задание , примерные вопросы:

Знакомство с магнитоконтрастирующими веществами.

презентация , примерные вопросы:

Подготовка презентации на тему "Высокополевая магнитная томография".

### **Тема 10. Ядерный магнитный каротаж**

домашнее задание , примерные вопросы:

Знакомство со статьями по ядерному магнитному каротажу в поле Земли.

### **Тема 11. Диэлектрическая спектроскопия**

устный опрос , примерные вопросы:

Физические основы диэлектрической спектроскопии.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

При подготовке презентаций студенты используют интернет ресурсы, указанные в п.7.3

Экзаменационные вопросы:

1. Эффект квантового туннелирования через джозефсоновский контакт.
2. Устройство квантового магнетометра.
3. Методы экранировки электромагнитных полей.
4. Биоманнитные поля человека.
5. Биологические источники переменных магнитных полей.
6. Основы магнитокардиографии.
7. Основы электрокардиографии.
8. Методы получения сильных и сверхсильных магнитных полей.
9. Методы получения импульсных сильных магнитных полей.
10. Методы стационарного ЯМР.
11. Методы импульсного ЯМР.
12. Методы стационарного ЭПР.
13. Методы импульсного ЭПР.
14. Основы низкочастотной ЭПР-томографии.
15. Спиновые метки.
16. Ядерный магнитный каротаж в поле Земли.
17. Ядерный магнитный каротаж в сильных магнитных полях.
18. Методы диэлектрической спектроскопии.

Самостоятельная работа студентов позволяет развить следующие компетенции:

при подготовке рефератов - ОК-10, ОК-3, ПК-3

при подготовке к экзамену - ОК-10, ПК-1, ПК-4

при устных опросах (дискуссия) - ОК-5, ПК-1

при подготовке домашнего задания - ОК-2, ПК-2, ПК-5

при подготовке презентации - ОК-3, ПК-1, ПК-4

### 7.1. Основная литература:

1. Капустин, В. И. Материаловедение и технологии электроники: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-008966-9, 200 экз.  
<http://www.znaniium.com/bookread.php?book=416461>
2. Шука А. А. Нанозлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Шука ; под ред. А. С. Сигова. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. 2012. - 342 с. :  
<http://znaniium.com/bookread.php?book=366748>
3. Игнатов А. Н. Классическая электроника и нанозлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. - 2-е изд., стер. . М. : ФЛИНТА, 2012. - 728 с. <http://znaniium.com/bookread.php?book=455216>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Китиль Ч. Квантовая теория твердых тел. / Китиль Ч. // М.: Наука, 1967.
2. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель .- Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001 .- 224 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Диэлектрическая спектроскопия -

<http://www.dissercat.com/content/temperaturnye-issledovaniya-relaksatsionnykh-protsessov-v-geterogennykh>

Импедансная спектроскопия -

<http://www.dissercat.com/content/issledovanie-plazmy-v-svch-reaktorakh-i-kharakteristik-poluchaemykh-v-svch>

Магнитометрия мозга человека - [http://www.integro.ru/system/new\\_science/field\\_obj/magnit.htm](http://www.integro.ru/system/new_science/field_obj/magnit.htm)

ЭПР в сильных полях -

<http://www.dissercat.com/content/epr-i-opticheskie-issledovaniya-defektov-v-shirokozonnnykh-materialakh-i>

ЯМР-томография -

<http://www.dissercat.com/content/razvitie-metodov-magnitno-rezonansnoi-tomografii-v-issledovanii-samodi>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Радиофизические методы исследования веществ и материалов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Для чтения лекций требуется мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Квантовая радиофизика .

Автор(ы):

Тагиров М.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.