

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени В. И. ВЕРНАДСКОГО»  
Физико-технический институт (структурное подразделение)  
(наименование академии, института (филиала))

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель директора  
по учебно-методической работе  
Физико-технического института  
(наименование академии, института (филиала))  
А. Ф. Рыбась

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Квантовая физика магнитных явлений  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность)

03.06.01 Физика и астрономия

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность программы

Физика магнитных явлений

(наименование направленности программы)

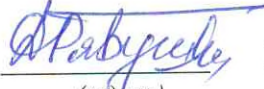
Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с СУОС КФУ,  
(СУОС КФУ / ФГОС ВО)  
утвержденным приказом ректора КФУ от «30» августа 2019 г. № 696/1  
(ректора КФУ / Минобрнауки)

## РАЗРАБОТАНО


Доцент, к.ф.-м.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Д. С. Рябушкин  
(ФИО)

## СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
экспериментальной физики  
(наименование кафедры, разработчика РПД)

  
(подпись)

В. Н. Бержанский  
(ФИО)

Председатель  
учебно-методической комиссии  
Физико-технического института  
(наименование академии, института (филиала), реализующей дисциплину)

  
(подпись)

А. Ф. Рыбась  
(ФИО)

**Распределение объема дисциплины по видам работы**

Общий объем дисциплины	з.е.	5
Общий объем дисциплины	час	180
Объем аудиторной работы	час.	36
в том числе:		
лекции	час.	16
лабораторные работы	час.	-
практические занятия (семинары)	час.	20
Объем самостоятельной работы	час.	144
в том числе		
Дифференцированный зачет	час.	

**Виды текущего контроля самостоятельной работы**

Вид	Семестр
Курсовой проект / работа	6
Коллоквиум	
Расчетно-графическая работа	
Контрольная работа	
Реферат	
Эссе	
Творческое задание в области искусства	
Учебная история болезни	

**Формы промежуточной аттестации**

Форма	Семестр
Экзамен	
Дифференцированный зачет	5,6
Зачет	

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Код(ы) и содержание компетенции(й) (согласно ФГОС ВО/СУОС ВО):

**ПК-9:** способность самостоятельно и в коллективе осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики магнитных явлений с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

**ЗНАТЬ:**

- основные принципы и законы квантовой физики магнитных явлений, а также их математическое выражение,
- основные явления квантовой физики магнитных явлений, методы их наблюдения и экспериментального исследования, методы точного измерения физических величин, простейшие методы обработки и анализа результатов эксперимента, основные физические приборы, области применения,
- методы использования компьютерной техники для обработки результатов эксперимента.

**УМЕТЬ:**

- правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно применять общие законы для решения конкретных задач в области квантовой физики магнитных явлений и на междисциплинарных границах дисциплины с другими разделами физики,
- строить математические модели простейших физических явлений и использовать для изучения этих моделей доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики,
- использовать при работе справочную и учебную литературу, находить другие необходимые источники информации и работать с ними.

**ВЛАДЕТЬ:**

- навыками оценки точности измерения физических величин,
- навыками применения современного математического инструментария для решения физических задач,
- навыками математических преобразований физических величин,
- навыками автоматизации измерений физических величин.

**ПК-10:** способность проводить самостоятельные и коллективные научные исследования динамических и статических свойств магнитоупорядоченных систем, используя современный теоретико-полевой аппарат физики

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**ЗНАТЬ:**

- способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач по тематике магнитоупорядоченных систем.

**УМЕТЬ:**

- интерпретировать, представлять и применять полученные результаты решения экспериментальных и теоретических задач.

## ВЛАДЕТЬ:

- навыками анализа современных проблем технической физики, постановки задачи, разработки программы исследования, решения с использованием современного теоретико-полевого аппарата физики.

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Курс «Квантовая физика магнитных явлений» опирается на все дисциплины по физике магнитных явлений, изученных в бакалавриате и магистратуре.

Приступая к изучению курса, обучающийся должен обладать уверенными математическими навыками, знать общую квантовую теорию.

Знания, полученные обучающимися в результате изучения курса «Квантовая физика магнитных явлений», используются в дальнейшем в самостоятельной научной деятельности.

## 3. Содержание дисциплины (модуля)

### 3.1. Содержание лекций

Разделы, темы, дидактические единицы <sup>1</sup>
1. Особенности формирования сигналов в гомо- и гетероядерных системах 1.1. Общее выражение, описывающее формирование отклика. 1.2. Селективное и неселективное импульсное воздействие. 1.3. Формализм супероператора Лиувилля. 1.4. Специфика формирования откликов в гетероядерных системах
2. Двумерная спектроскопия. 2.1. Основные особенности двумерной спектроскопии. 2.2. Двумерная спектроскопия в гетероядерных системах.
3. Многоквантовая спектроскопия. 3.1. Типичная двухимпульсная последовательность. 3.2. Эволюция многоквантовых когерентных состояний.

### 3.2. Наименование лабораторных работ

Разделы, наименование лабораторных работ
нет

### 3.3. Содержание практических занятий (семинаров)

Разделы, темы, дидактические единицы
1.1. Импульсная последовательность $90^\circ_x - \tau - 180^\circ_x$ и ее анализ. 1.2. Приближение неселективного импульсного воздействия. Эффективный спин.

<sup>1</sup> Дидактическая единица – логически самостоятельная часть учебного материала, по своему объему и структуре соответствующая таким компонентам содержания как понятие, теория, закон, явление, факт, объект и т.п.

- 1.3. Использование супероператора Лиувилля в квантовой теории магнитных явлений.  
1.4. Формирование откликов в многочастичных гетероядерных системах.

2.1. J-спектроскопия.

2.2. Спектроскопия COSY.

3.1. Серия  $90^\circ_x - \tau - 90^\circ_x$ .

3.2. Свободная эволюция многоквантовых когерентных состояний.

### 3.4. Содержание самостоятельной работы

Разделы, темы, дидактические единицы
Темы лекций 1.1 - 1.4.
Темы лекций 2.1 - 2.2.
Темы лекций 3.1 - 3.2.

### 4. Контроль результатов обучения по дисциплине

**Текущий контроль и промежуточная аттестация** осуществляется в соответствии с «Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» и «Порядком применения балльно-рейтинговой системы оценивания успеваемости обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского».

Вид(ы) промежуточной аттестации: дифференцированный зачет.

Форма(ы) проведения промежуточной аттестации: накопительно по результатам текущего контроля.

Оценочные средства по дисциплине приведены в Приложении.

### 5. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1. Основная учебная литература

1. Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. Метод моментов в ЯМР твердого тела. Казань., Бук, 2019 (режим доступа: <http://lib.cfuv.ru/elib/document/7340927>).
2. Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. Случайные процессы в ЯМР твердого тела. Казань., Бук, 2018 (режим доступа: <http://lib.cfuv.ru/elib/document/4142816>).

#### 5.2. Дополнительная учебная литература

1. Р. Уайт. Квантовая теория магнетизма, М., Мир, 1985.

2. Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. Основы квантовой теории магнитного резонанса. М., Логос, 2013 (режим доступа: <http://lib.cfuv.ru/elib/document/477332>).

### 5.3. Методические материалы

1. Рябушкин Д.С. Учебно-методическое пособие по проведению практических занятий по курсу «Квантовая физика магнитных явлений»: учебно-методическое пособие. – Симферополь: КФУ им. В. И. Вернадского, 2020. – 30 с.

**5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**  
формируется руководителем аспиранта и может также включать *научно-образовательные интернет-ресурсы, доступные в сети КФУ им. В. И. Вернадского:*

- [Университетская библиотека онлайн](#)
- [Электронная библиотечная система «Издательство «Лань»](#)
- [Электронная библиотечная система «IPRbooks» «Библиокомплектатор»](#)
- [Электронная библиотечная система «Znanium.com»](#)
- [Электронная библиотечная система «Консультант студента»](#)
- ProQuest
- EBSCO Premier Package
- [Электронная библиотека диссертаций РГБ](#)
- [Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru](#)
- [Российские периодические издания на платформе East View \(ИВИС\)](#)
- [Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX \(на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU\)](#)
- [Русскоязычный портал информационного обеспечения Polpred.com](#)
- [КонсультантПлюс – справочная система по законодательству РФ](#)
- [Реферативная база данных Scopus](#)
- [Архив научных журналов \(НЭИКОН\)](#)
- [Реферативная база данных Web of Science](#)
- [Антиплагиат.ВУЗ](#)
- [Электронный каталог Научной библиотеки КФУ им. В. И. Вернадского](#)
- [Крымская межвузовская электронная библиотека](#)
- [Наукометрия](#)
- [Реестр интеллектуальной собственности <https://www.findpatent.ru>](#)

- [Банк данных российских и зарубежных патентов us-patent.info](http://us-patent.info)

#### **6. Перечень информационных технологий, используемых в образовательной деятельности**

*(Указывается перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости))*

Свободное или лицензионное программное обеспечение для построения графиков и анализа данных; Microsoft Office (Word, Power Point); Программное обеспечение для чтения форматов Pdf и djvu и *дополнительно по указанию научного руководителя.*

#### **7. Перечень применяемых современных образовательных технологий<sup>2</sup>**

Образовательные технологии дистанционного обучения на основе проведения интерактивных лекций и тестов с помощью удаленного доступа на образовательной платформе Moodle.

#### **8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательной деятельности**

Лекционная аудитория, доска, экран, мультимедийный проектор, компьютер с доступом в Интернет.

---

<sup>2</sup> Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии; интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги, анализ ситуаций и имитационных моделей и т.п.