

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Ядерный магнитный резонанс Б1.В.ДВ.6**

Направление подготовки: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки: Физика и информатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Азанчеев Н.М. , Нефедьев Л.А.

**Рецензент(ы):**

Гарнаева Г.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Нефедьев Л. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 6168619

## 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) Азанчеев Н.М. ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Нефедьев Л.А. кафедра образовательных технологий в физике научно-педагогическое отделение , LANefedev@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины является формирование личности будущего учителя, овладение научным методом познания; выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них познавательной потребности.

Задачами дисциплины являются обучение студентов научным знаниям по основам ЯМР, овладение элементарными навыками в проведении физических экспериментов, теоретическим и экспериментальным методам решения физических задач; формирование современной физической картины мира..

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Цикл ДПП.В.1

Начальный уровень подготовки студента, изучающего дисциплину 'ЯМР', характеризуется его способностью выполнить следующие виды деятельности, полученные при изучении разделов Механики, Молекулярной физики, электродинамики, Оптики, Математического анализа, Теории вероятностей, Геометрии, Алгебры:

- выявлять существенные признаки, устанавливать характерные закономерности при наблюдении и экспериментальных исследованиях физических явлений и процессов; опознавать в природных явлениях известные физические модели;
- применять для описания физических явлений известные физические модели;
- строить математические модели для описания простейших физических явлений;
- измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений;
- владеть физическим научным языком;
- описывать физические явления и процессы, используя физическую научную терминологию;
- владеть различными способами представления физической информации;
- выражать физическую информацию различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схематической, образной, алгоритмической формах);
- давать определения основных физических понятий и величин;
- формулировать основные физические законы и границы их применимости;
- использовать международную систему единиц измерения физических величин (СИ) при физических расчетах и формулировке физических закономерностей; владеть методом оценки порядка физических величин при их расчетах;
- владеть методом размерностей для выявления функциональной зависимости физических величин;
- получать ответы при решении физических задач, тематика которых соответствует содержанию курса; решать простейшие экспериментальные физические задачи, используя методы физических исследований,
- использовать численные значения фундаментальных физических констант для оценки результатов простейших физических экспериментов;
- применять знание физических теории для анализа незнакомых физических ситуаций:

- аргументировать научную позицию при анализе лженаучных, псевдонаучных и анти-научных утверждений; называть и давать словесное и схематическое описание основных физических экспериментов;
- называть фамилии ученых физиков, внесших существенный вклад в развитие физической науки;
- структурировать физическую информацию, используя научный метод исследования;
- проводить численные расчеты физических величин при решении физических задач и обработке экспериментальных результатов.

Изучение дисциплины необходимо для дальнейшего изучения Атомной физики, Квантовой механики, Факультативов и дисциплин по выбору.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	готовностью реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовностью к взаимодействию с участниками образовательного процесса
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- физические законы и теории с применением адекватного математического аппарата; количественное описание свойств модельных систем; строить физические модели, решать конкретные задачи заданной степени сложности и анализировать получающиеся решения.

2. должен уметь:

- проводить физический эксперимент и выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах.
- применять для описания физических явлений известные физические модели;
- строить математические модели для описания простейших физических явлений;
- измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений;
- описывать физические явления и процессы, используя физическую научную терминологию;
- владеть различными способами представления физической информации;
- формулировать основные физические законы и границы их применимости;

3. должен владеть:

- владеть физическим научным языком;
- выражать физическую информацию различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схемотехнической, образной, алгоритмической формах);
- давать определения основных физических понятий и величин;
- использовать международную систему единиц измерения физических величин (СИ) при расчетах и формулировке физических закономерностей; владеть методом оценки порядка физических величин при их расчетах;
- владеть методом размерностей для выявления функциональной зависимости физических величин;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- выявлять существенные признаки, устанавливать характерные закономерности при наблюдении и экспериментальных исследованиях физических явлений и процессов; опознавать в природных явлениях известные физические модели;
- применять для описания физических явлений известные физические модели;
- строить математические модели для описания простейших физических явлений;
- измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений;
- владеть физическим научным языком;
- описывать физические явления и процессы, используя физическую научную терминологию;
- владеть различными способами представления физической информации;
- выражать физическую информацию различными способами (в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схемотехнической, образной, алгоритмической формах);
- давать определения основных физических понятий и величин;
- формулировать основные физические законы и границы их применимости;
- использовать международную систему единиц измерения физических величин (СИ) при расчетах и формулировке физических закономерностей; владеть методом оценки порядка физических величин при их расчетах;
- владеть методом размерностей для выявления функциональной зависимости физических величин;
- получать ответы при решении физических задач, тематика которых соответствует содержанию курса; решать простейшие экспериментальные физические задачи, используя методы физических исследований;
- использовать численные значения фундаментальных физических констант для оценки результатов простейших физических экспериментов;
- применять знание физических теории для анализа незнакомых физических ситуаций;
- аргументировать научную позицию при анализе лженаучных, псевдонаучных и антинаучных утверждений;

называть и давать словесное и схемотехническое описание основных физических экспериментов;

называть фамилии ученых физиков, внесших существенный вклад в развитие физической науки;

структурировать физическую информацию, используя научный метод исследования;

проводить численные расчеты физических величин при решении физических задач и обработке

экспериментальных результатов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 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	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Физические основы явления ЯМР	6		0	9	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в жидкостях.	6		0	9	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Спектроскопия ЯМР в твердых телах.	6		0	9	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Приложения ЯМР высокого разрешения.	6		0	9	0	Устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
	Итого			0	36	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Физические основы явления ЯМР

##### *практическое занятие (9 часа(ов)):*

Пространственное квантование моментов. Условие резонанса. Макроскопическая намагниченность и ее компоненты. Времена T1 и T2.

##### Тема 2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в жидкостях.

### **практическое занятие (9 часа(ов)):**

Прямое диполь-дипольное взаимодействие в жидкостях. Электронное экранирование. Косвенные спин-спиновые взаимодействия. Химический сдвиг и константы КССВ. Интегральные интенсивности. Спектры нулевого, первого и более высоких порядков. Правила интерпретации спектров ЯМР первого порядка. Методы двойного резонанса. Двумерная спектроскопия. Подготовка образца.

### **Тема 3. Спектроскопия ЯМР в твердых телах.**

#### **практическое занятие (9 часа(ов)):**

Диполь-дипольные взаимодействия в твердых телах. Внутри- и межмолекулярные вклады. Влияние молекулярного движения. Магический угол. Спектры ЯМР высокого разрешения в твердых телах.

### **Тема 4. Приложения ЯМР высокого разрешения.**

#### **практическое занятие (9 часа(ов)):**

Применение ЯМР для изучения вещества, строения и динамики молекул. Спектры высокого разрешения. Релаксационная спектроскопия. Селективные времена релаксации. Измерение трансляционного движения молекул.

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

<b>N</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
1.	Тема 1. Физические основы явления ЯМР	6		подготовка к устному опросу	9	Устный опрос
2.	Тема 2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в жидкостях.	6		подготовка к устному опросу	9	Устный опрос
3.	Тема 3. Спектроскопия ЯМР в твердых телах.	6		подготовка к устному опросу	9	Устный опрос
4.	Тема 4. Приложения ЯМР высокого разрешения.	6		подготовка к устному опросу	9	Устный опрос
	Итого				36	

## **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Компьютерные демонстрации спектров ЯМР и методов их анализа:

1. Спектр 1
2. Спектр 2
3. Методы анализа спектров ЯМР

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

## **Тема 1. Физические основы явления ЯМР**

Устный опрос, примерные вопросы:

1. Пространственное квантование моментов.
2. Условие резонанса.
3. Макроскопическая намагниченность и ее компоненты.
4. Времена T1 и T2.
5. Прямое диполь-дипольное взаимодействие в жидкостях.
6. Электронное экранирование.
7. Косвенные спин-спиновые взаимодействия.
8. Химический сдвиг и константы КССВ.
9. Интегральные интенсивности.
10. Спектры нулевого, первого и более высоких порядков.
11. Правила интерпретации спектров ЯМР первого порядка.
12. Методы двойного резонанса.
13. Двумерная спектроскопия.

## **Тема 2. Спектроскопия ЯМР высокого разрешения в жидкостях.**

Устный опрос, примерные вопросы:

1. Подготовка образца.
2. Диполь-дипольные взаимодействия в твердых телах.
3. Внутри- и межмолекулярные вклады.
4. Влияние молекулярного движения.
5. Магический угол.

## **Тема 3. Спектроскопия ЯМР в твердых телах.**

Устный опрос, примерные вопросы:

Спектры ЯМР высокого разрешения в твердых телах.

## **Тема 4. Приложения ЯМР высокого разрешения.**

Устный опрос, примерные вопросы:

1. Применение ЯМР для изучения вещества, строения и динамики молекул.
2. Спектры высокого разрешения.
3. Релаксационная спектрометрия.
4. Селективные времена релаксации.
5. Измерение трансляционного движения молекул.

## **Итоговая форма контроля**

зачет (в 6 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Пространственное квантование моментов.
2. Условие резонанса.
3. Макроскопическая намагниченность и ее компоненты. Времена T1 и T2.
4. Прямое диполь-дипольное взаимодействие в жидкостях.
5. Электронное экранирование.
6. Косвенные спин-спиновые взаимодействия.
7. Химический сдвиг и константы КССВ.
8. Интегральные интенсивности.
9. Спектры нулевого, первого и более высоких порядков.
10. Правила интерпретации спектров ЯМР первого порядка.
11. Методы двойного резонанса.
12. Двумерная спектроскопия.
13. Подготовка образца.
14. Диполь-дипольные взаимодействия в твердых телах.
15. Внутри- и межмолекулярные вклады.
16. Влияние молекулярного движения.
17. Магический угол.
18. Спектры ЯМР высокого разрешения в твердых телах.
19. Применение ЯМР для изучения вещества, строения и динамики молекул.
20. Спектры высокого разрешения.
21. Релаксационная спектрометрия.
22. Селективные времена релаксации.
23. Измерение трансляционного движения молекул.



### 7.1. Основная литература:

1. Ядерный магнитный резонанс. Теория и практика. В 3 ч. Ч. 2: Учебное пособие / Бельская Н.П., Ельцов О.С., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2018. - 124 с.: ISBN 978-5-9765-3557-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/966424>
2. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - М. : Логос, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/469025>
3. Основы ядерного магнитного резонанса: Учебное пособие/Евстигнеев М.П., Лантушенко А.О., Костюков В.В. и др. - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 247 с.: 60x90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-9558-0414-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/496299>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Физика твердого тела: Учебное пособие/Браун А.Г., Винке Е.Э., Краскина О.А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010765-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/501691>
2. Физика атомного ядра [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: В.Я. Чечуев, С.В. Викулов, Э.Б. Селиванова, Л.А. Митина. - Новосибирск: Золотой колос, 2014. - 129 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516769>
3. Физика. Теория и практика: Учебное пособие / Под ред. проф. С.О. Крамарова. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 380 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-369-01522-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/522108>
4. Физика макросистем: Конспект лекций / Милов Ю.Е., Романов П.Ю. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 54 с.: 60x90 1/16 ISBN 978-5-16-104772-9 (online) - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/884630>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Видеолекции для студентов. Квантовая физика (МФТИ каф. Общей физики) - <http://lectoriy.mipt.ru/course/Physics-Quantum-UMT-Lects>
- Википедия - <http://ru.wikipedia.org>
- Квантовая механика. Лекция Физической энциклопедии - [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/1557.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/1557.html)
- Лабораторные работы по ЯМР - [http://lab2.phys.spbu.ru/pdf\\_to/NMR.pdf](http://lab2.phys.spbu.ru/pdf_to/NMR.pdf)
- Учебное пособие: История атомного ядра (МГУ Физический факультет) - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/histan/index.html> - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/histan/index.html>

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

Освоение дисциплины "Ядерный магнитный резонанс" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Ноутбук, проектор

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.05 "Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)" и профилю подготовки Физика и информатика .

Автор(ы):

Азанчеев Н.М. \_\_\_\_\_

Нефедьев Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Гарнаева Г.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.