

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Методика нейтронного эксперимента

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Белушкин А.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), AVBelushkin@kpfu.ru ; доцент, к.н. Болтакова Н.В. (кафедра ядерно-физического материаловедения, Институт физики), Natalya.Boltakova@kpfu.ru

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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- области применения нейтронных методов исследования

Должен уметь:

- подбирать нужную нейтронную методику для получения определенной информации о свойствах исследуемого объекта

Должен владеть:

- базовыми навыками расчета/оценки значений характеристик режимов планируемого нейтронного эксперимента

Должен демонстрировать способность и готовность:

- участвовать в эксперименте с использованием современных нейтронных установок.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1, 2 курсах в 2, 3 семестрах.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 26 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 126 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: отсутствует во 2 семестре; зачет в 3 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение. Свойства нейтрона. Источники нейтронов	2	3	0	3	0	0	0	8
2.	Тема 2. Формирование нейтронных пучков. Детекторы нейтронов.	2	3	0	3	0	0	0	8
3.	Тема 3. Взаимодействие тепловых нейтронов с веществом. Закон рассеяния.	2	4	0	4	0	0	0	14
4.	Тема 4. Дифракция нейтронов.	2	4	0	4	0	0	0	14
5.	Тема 5. Малоугловое рассеяние нейтронов.	3	4	0	4	0	0	0	26
6.	Тема 6. Неупругое когерентное рассеяние нейтронов. Неупругое некогерентное рассеяние нейтронов.	3	5	0	4	0	0	0	28
7.	Тема 7. Квазиупругое рассеяние нейтронов. Поляризованные нейтроны. Нейтронное спиновое эхо.	3	5	0	4	0	0	0	28
	Итого		28	0	26	0	0	0	126

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Введение. Свойства нейтрона. Источники нейтронов**

Источники нейтронов на основе реакции деления. Стационарные и импульсные реакторы. Источники нейтронов на основе ускорителей частиц. Реакция синтеза и испарительная реакция. Замедление нейтронов. Стационарный и импульсный режимы работы источников нейтронов.

**Тема 2. Формирование нейтронных пучков. Детекторы нейтронов.**

Прерыватели нейтронов. Коллимационная система. Нейтроноводы. Кристаллические фильтры и монохроматоры. Механические селекторы скоростей.

Ядерные реакции, используемые для регистрации тепловых нейтронов. Требования к детекторам тепловых нейтронов. Сцинтилляционные детекторы. Пропорциональные газовые детекторы. Режимы работы. Амплитудный спектр. Позиционно-чувствительные детекторы.

**Тема 3. Взаимодействие тепловых нейтронов с веществом. Закон рассеяния.**

Сечения рассеяния и поглощения. Упругое рассеяние тепловых нейтронов. Длина рассеяния. Когерентное и некогерентное рассеяние. Типы некогерентности. Магнитное рассеяние. Ядерное рассеяние. Закон рассеяния. Магнитное рассеяние. Закон рассеяния. Тепловое и спин-изотопное усреднение. Корреляционные функции Ван-Хова. Формула Ван-Хова. Закон рассеяния. Типы рассеяния и методы. Возможности эксперимента по рас-сеянию нейтронов.

**Тема 4. Дифракция нейтронов.**

Дифракция на кристаллических структурах. Сечение упругого рас-сеяния на кристаллической структуре. Постановка эксперимента в стационарном и импульсном режимах. Применения дифракции. Дифракция на жидкостях и аморфных телах. Парная корреляционная функция и структурный фактор. Постановка эксперимента. Формализм Фабера-Займана и Бхатия-Торнтонна.

**Тема 5. Малоугловое рассеяние нейтронов.**

Плотность длины рассеяния. Анизотропный и изотропный случаи. Контраст. Монодисперсные невзаимодействующие частицы. Форм-фактор. Монодисперсные невзаимодействующие частицы. Интегральные параметры кривой рассеяния. Полидисперсные частицы. Многокомпонентные частицы. Взаимодействующие частицы. Постановка эксперимента. Применения метода.

**Тема 6. Неупругое когерентное рассеяние нейтронов. Неупругое некогерентное рассеяние нейтронов.**

Дисперсионные кривые. Динамический структурный фактор. Постановка эксперимента. Трехосный кристаллический спектрометр. Методы сканирования обратного пространства. Применения метода.

Функция плотности фононных состояний. Особенности ван Хова. Обобщенная функция фононных состояний. Некогерентное приближение. Постановка эксперимента. Времяпролетные спектрометры прямой и обратной геометрии. Применения метода.

#### **Тема 7. Квазиупругое рассеяние нейтронов. Поляризованные нейтроны. Нейтронное спиновое эхо.**

Трансляционная и вращательная диффузия. Модели диффузии. Упругая и квазиупругая компоненты. Постановка эксперимента. Спектрометры квазиупругого рассеяния. Применения метода.

Прецессия спинов нейтронов во внешнем магнитном поле. Спиновые ротаторы (спин-флипперы). Постановка эксперимента. Применения метода.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

elibrary - научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

wikipedia - свободная энциклопедия - <http://ru.wikipedia.org/wiki>

Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики (ЖЭТФ) - <http://www.jetp.ac.ru>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах допускается делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Подготовка к практическим занятиям основана на повторе материала лекционных и практических занятий, а также материала, изложенного в рекомендуемой литературе. Обучающийся может обратиться к другим источникам информации, к которым он имеет доступ. В этом случае студент должен осведомиться у преподавателя о надежности данного источника с точки зрения достоверности информации
самостоятельная работа	Для самостоятельной работы студенты используют рекомендуемую научно-учебную литературу. Для самостоятельной работы студенты используют общедоступные учебники по тематике курса. Рекомендуемые для самостоятельной работы главы учебников близко примыкают к разделам дисциплины, но не повторяют буквально способ изложения раздела в лекционном курсе. При этом достигается более глубокое понимание студентами конкретных разделов дисциплины. Внеаудиторная самостоятельная работа студента заключается в анализе информации, полученной им на аудиторных занятиях. Ввиду этого обучающимся рекомендуется конспектировать весь материал, предоставляемый преподавателями на занятиях - теоретическую информацию, примеры решения задач, справочную информацию, ссылки на источники информации - это составляет часть самостоятельной работы студента на аудиторных занятиях. Другая часть аудиторной самостоятельной работы студента состоит в решении типовых задач, которые предварительно разбираются преподавателем на практических занятиях или приводятся в качестве примеров на лекционных занятиях. При возникновении вопросов или проблем в понимании каких-либо тем, необходимо обратиться к самостоятельному внеаудиторному изучению рекомендованной литературы. На основании текста литературы можно дополнять конспекты лекций и делать пояснения к решению задач. Если самостоятельно не удастся разобраться, нужно обратиться к преподавателю.
зачет	Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. При подготовке к зачету необходимо повторить материал, согласно списку вопросов, выносимых на контроль. На каждый вопрос студент должен знать ответ хотя бы на уровне определений. Следует учесть, что часть материала отводится на самостоятельное изучение, поэтому в списке вопросов могут затрагиваться темы, которые не были рассмотрены на аудиторных занятиях. Подготовка к зачету предполагает самостоятельную работу с конспектами лекций и практических занятий, работу с литературой. При затруднении в поиске ответа на какой-либо вопрос необходимо обратиться к преподавателю в отведенное на консультацию время.



**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".



### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

#### Основная литература:

1. Алексеев, П. А. Нейтронные методы в физике конденсированного состояния : учебное пособие / П. А. Алексеев, А. П. Менушенков. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. - 164 с. - ISBN 978-5-7262-1666-9. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/75924> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кадилин, В. В. Прикладная нейтронная физика : учебное пособие / В. В. Кадилин, Е. В. Рябева, В. Т. Самосадный. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - 124 с. - ISBN 978-5-7262-1515-0. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/75893> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Никитенко, Ю. В. Рефлектометрия поляризованных нейтронов / Ю. В. Никитенко, В. Г. Сыромятников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 217 с. - ISBN 978-5-9221-1491-2. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48299> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Ободовский, И. М. Источники ионизирующих излучений: Учебное пособие / Ободовский И.М. - Долгопрудный:Интеллект, 2016. - 144 с. ISBN 978-5-91559-220-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/859089> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.
2. Бондарев, В. П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии : учебное пособие / В. П. Бондарев. - Москва: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. - 277 с., [32] с. цв. ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-780-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2017317> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.
3. Новоселов, К. Л. Основы геометрической кристаллографии: Учебное пособие / Новоселов К.Л. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 73 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/701517> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.