

## Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: *«Введение в нейтронографию»*
2. Уровень высшего образования – *бакалавриат*
3. Направление подготовки: *03.03.02 Физика (бакалавриат)*
4. Аннотация

*В лекционном курсе содержится базовая информация по использованию рассеяния нейтронов в исследованиях строения конденсированного вещества. В рамках курса студенты познакомятся со свойствами и законами рассеяния нейтронов, возможностями, которые предоставляют нейтроны для изучения традиционных материалов и наноструктур, основными методиками нейтронографических исследований, интернет-ресурсами для нейтронографии, а также организацией нейтронных исследований в мире. Курс является Дисциплиной профиля и теоретическим базисом к Научно-исследовательской практике и Научно-исследовательской работе и неразрывно связан с дисциплинами магистерской программы «Нейтронная физика и физика наносистем».*

5. *Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часов занятия лекционного типа, 2 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.*

6. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

### ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

	<i>Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению образовательной программы, должен:</i>
<p style="text-align: center;"><b>СПК-1</b></p> <p><i>Способность свободно владеть разделами нейтронной физики и физики наносистем, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в области физики конденсированного состояния и нанотехнологий.</i></p>	<p><i><b>ЗНАТЬ</b> основные понятия и методы нейтронографии в области нейтронной физики и физики наносистем, необходимые для решения научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния и нанотехнологий.</i></p> <p><i><b>УМЕТЬ</b> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач нейтронографии в области нейтронной физики и физики наносистем, необходимые для решения научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния и нанотехнологий.</i></p>

**ВЛАДЕТЬ** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации при решении задач нейтронографии в области нейтронной физики и физики наносистем, необходимые для решения научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния и нанотехнологий.

Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: «Атомная физика», «Физика атомного ядра и частиц», «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Методы математической физики».

### 7. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них					из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего	
<b>1. Введение в нейтронографию.</b> <i>Введение. Задачи, решаемые в физике конденсированного состояния вещества с помощью рассеяния нейтронов. Нейтронография и нейтронная спектроскопия. Нейтронные исследовательские центры. Особенности взаимодействия тепловых нейтронов с веществом. Основные характеристики нейтрона.</i>	16	8				8	8		8

<i>Тепловые нейтроны. Сечения взаимодействия тепловых нейтронов с веществом. Когерентное и некогерентное рассеяние. Понятие о магнитном рассеянии.</i>										
<b>2. Нейтронографические установки и структурная нейтронография.</b> <i>Получение нейтронов, стационарные и импульсные источники. Замедление, монохроматизация, детектирование нейтронов. Нейтронные дифрактометры и спектрометры. Упругое рассеяние нейтронов, основы дифракции. Дифракция на кристаллических структурах. Понятие о фазовой проблеме и способах её решения. Методы определения кристаллической структуры из дифракционных данных. Порошковая дифракция, понятие о методе Ритвельда, применение в материаловедении.</i>	20	8				2	10	8	2	10
<b>3. Нейтронография жидкостей и аморфных тел.</b> <i>Основы дифракции на некристаллических структурах. Восстановление структуры из дифракционных данных, возможности и ограничения. Проблемы исследования многокомпонентных систем, использование изотопного замещения для их решения. Альтернативные подходы, примеры определения сложных некристаллических структур. Нейтронографические исследования субмикронной структуры. Малоугловая дифракция, основные принципы и модели. Интерпретация дифракционных данных. Задачи, решаемые с помощью малоуглового</i>	16	8					8	8		8

<i>рассеяния нейтронов</i>										
<b>4. Нейтронография поверхности.</b> <i>Основы нейтронной рефлектометрии. Понятие о магнитной рефлектометрии. Магнитная нейтронография. Упругое магнитное рассеяние нейтронов. Основы дифракции на магнитных кристаллах (магнетиках). Общие принципы определения магнитных структур из дифракционных данных.</i>	16	8					8	8		8
<i>Промежуточная аттестация - экзамен</i>	4					2	2	2		2
<b>Итого</b>	<b>72</b>	32				4	36	36		36

8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине  
*Библиотека учебной и научной литературы, конспекты лекций.*

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине:

**Таблица оценивания учебных достижений.**

<b>Планируемые результаты обучения*</b> <b>(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

<b>ВЛАДЕТЬ</b> навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации при решении задач нейтронографии в области нейтронной физики и физики наносистем, необходимые для решения научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния и нанотехнологий.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
---	--------------------	----------------------------------	--	--	---

**Перечень типовых вопросов к экзамену:**

- **Задачи, решаемые в физике конденсированного состояния вещества с помощью рассеяния нейтронов.**
- **Нейтроннография и нейтронная спектроскопия.**
- **Нейтронные исследовательские центры.**
- **Особенности взаимодействия тепловых нейтронов с веществом. Основные характеристики нейтрона.**
- **Тепловые нейтроны. Сечения взаимодействия тепловых нейтронов с веществом.**
- **Когерентное и некогерентное рассеяние. Понятие о магнитном рассеянии.**
- **Нейтроннографические установки.**
- **Получение нейтронов, стационарные и импульсные источники.**
- **Замедление, монохроматизация, детектирование нейтронов.**
- **Нейтронные дифрактометры и спектрометры.**
- **Упругое рассеяние нейтронов, основы дифракции. Дифракция на кристаллических структурах.**
- **Понятие о фазовой проблеме и способах её решения.**
- **Методы определения кристаллической структуры из дифракционных данных.**
- **Порошковая дифракция, понятие о методе Ритвельда, применение в материаловедении.**
- **Нейтроннография жидкостей и аморфных тел. Основы дифракции на некристаллических структурах.**
- **Восстановление структуры из дифракционных данных, возможности и ограничения.**
- **Проблемы исследования многокомпонентных систем, использование изотопного замещения для их решения.**
- **Альтернативные подходы, примеры определения сложных некристаллических структур.**
- **Нейтроннографические исследования субмикронной структуры. Малоугловая дифракция, основные принципы и модели.**
- **Интерпретация дифракционных данных. Задачи, решаемые с помощью малоуглового рассеяния нейтронов.**

- *Нейтроннография поверхности. Основы нейтронной рефлектометрии. Понятие о магнитной рефлектометрии.*
- *Магнитная нейтроннография. Упругое магнитное рассеяние нейтронов.*
- *Основы дифракции на магнитных кристаллах (магнетиках).*
- *Общие принципы определения магнитных структур из дифракционных данных.*

10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. *I.S. Anderson I, R.L. McGreevy, H.Z. Bilheux. Neutron Imaging and Applications. Springer, 2009.*
2. *Liyuan Liang, R. Rinaldi, H. Schober (Ed.). Neutron Applications in Earth, Energy and Environmental Sciences. Springer, 2009.*
3. *R.J. Roe. Methods of X-ray and Neutron Scattering in Polymer Science. Oxford University Press, 2000.*
4. *J. Fitter, T. Gutberlet, J. Katsaras. Neutron Scattering in Biology. Springer, 2006.*
5. *J. Daillant, A. Gibaud. X-Ray and Neutron Reflectivity: Principles and Applications. Springer, 2009.*
6. *M. De Graef, M.E. McHenry. Structure of Materials: An Introduction to Crystallography, Diffraction and Symmetry. Cambridge University Press, 2007.*

Дополнительная литература

1. *В.Л. Аксёнов, А.М. Балагуров. Времяпролётная нейтронная дифрактометрия. УФН, т. 166, № 9, с. 955-985, 1996.*
2. *Г.А. Месяц, Б.М. Болотовский, А.Н. Сисакян, М.Г. Иткис, Б.А. Бенецкий, А.И. Франк, В.Л. Аксёнов. К 100-летию со дня рождения академика И.М. Франка (Научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук, 22 октября 2008 г.). УФН, т. 179, № 4, с. 403-441, 2009.*

11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

- *Сайты физического факультета и кафедры нейтроннографии.*
- *Электронные библиотеки МГУ.*
- *Scientific Reviews, in Neutron News. Publisher Taylor & Francis, <http://www.informaworld.com/>*

12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- *Систематическая проработка прослушанных лекций.*
- *Выполнение домашних заданий.*
- *Чтение рекомендованной литературы.*
- *Получение дополнительной информации из рекомендованных ресурсов Интернет*

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

*Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования*

14. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине
- *В соответствии с требованиями образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».*
  - *Аудитория 4-03а (помещение кафедры). Компьютер с монитором, проектор, экран, учебная доска.*