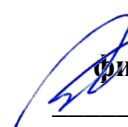


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
филиала МГУ в г.Дубне
/ Э.Э. Боос /
«01» сентября 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:
Дифракционная нейтронография

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:
Фундаментальная и прикладная ядерная физика

Форма обучения: Очная форма обучения

Дубна 2024 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

доктор физ.-мат. наук, профессор Балагуров Анатолий Михайлович, по совместительству профессор физического факультета МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

В курсе рассмотрены вопросы, необходимые для понимания современного состояния структурной нейтронографии, и, прежде всего, нейтронографии на импульсных источниках нейтронов. Курс включает три основные темы: симметрия кристаллов, дифракция излучения на кристаллической решетке, основы структурного анализа кристаллов. Первая из них является традиционной для курсов кристаллографии, две других излагаются с учетом специфики взаимодействия нейтронов с веществом и их дифракции на периодических структурах.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется на 1-ом курсе во 1-ом семестре магистратуры и входит в состав вариативной части, является обязательной дисциплиной.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Курсы математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений, методов математической физики, разделы оптика и атомная физика из курса общей физики, электродинамика, термодинамика и статистическая физика, квантовая механика из курса теоретической физики, физика атомного ядра и частиц, молекулярная физика в объеме классических университетских курсов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)	
ПК-1	<p><u>Знать</u> разделы ядерной физики и физики конденсированного состояния, необходимыми для решения поставленной научной задачи</p> <p><u>Уметь</u> применять экспериментальные и теоретические знания при решении поставленной научной задачи</p> <p><u>Владеть</u> экспериментальными и теоретическими методами исследования при решении научных задач в области современной ядерной физики и физики конденсированного состояния</p>
МПК-1	<p><u>Знать</u> основные разделы и направления в области фундаментальной и прикладной ядерной физики в применении к дифракционной нейтронографии.</p> <p><u>Уметь</u> структурировать явления фундаментальной и прикладной ядерной физики в применении к дифракционной нейтронографии., создавать или подбирать физическую модель для их описания.</p> <p><u>Владеть</u> методами оценки границы применимости физических моделей, определять их недостатки и несоответствия.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: **36** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, **36** академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

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

Изучение курса включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Семинары	Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия)	Самостоятельная работа	
1	Классическая кристаллография	22	6	6		10	Оп
2	Основы теории дифракции нейтронов	22	6	6		10	КР
3	Структурный анализ поли- и монокристаллов	22	6	6		10	КР
	Промежуточная аттестация	6				6	экзамен
ИТОГО:		72	18	18		36	

6

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Вопросы по теории:

1. Групповые свойства элементов симметрии.
2. Матричное представление элементов симметрии.
3. Упругое рассеяние как фурье-преобразование структуры.
4. Построение Эвальда. Сферы отражения и ограничения в случае $\lambda=\lambda_0$.

Задачи:

1. Вывести формулу для d_{hkl} в случае тетрагональной решетки.
2. Определить направления единичных векторов обратного базиса для гексагональной сингонии.
3. Произвести размещение элементов симметрии в пр. гр. $P2_1/m$.
4. Рассчитать структурный фактор для F-решетки.

Вопросов к экзамену:

1. Кристаллическое состояние вещества: дальний порядок, решетка, ячейка, структура.
2. Симметрия кристаллических структур. Сингонии.
3. Групповые свойства элементов симметрии.
4. Матричное представление элементов симметрии.
5. Простые и центрированные ячейки Браве.
6. Взаимный векторный базис и обратная решетка.
7. Индексы Миллера. Расчет межплоскостных расстояний.
8. Рассеяние излучения на периодической структуре. Принцип Гюйгенса-Френеля.
9. Формула Вульфа-Брегга.
10. Упругое рассеяние как фурье-преобразование структуры.
11. Построение Эвальда. Сферы отражения и ограничения в случае $\lambda=\lambda_0$.
12. Построение Эвальда в случае “белого” пучка. Многомерная дифракция.
13. Интерференционная функция Лауэ.
14. Построение Эвальда. Сферы отражения и ограничения в случае $\lambda=\lambda_0$.
15. Построение Эвальда в случае “белого” пучка. Многомерная дифракция.
16. Когерентное и некогерентное рассеяние нейтронов.
17. Исследовательские источники нейтронов.
18. Нейтронные дифрактометры на стационарном и импульсном источниках.
19. Структурный фактор. Фазовая проблема структурного анализа.
20. Переход от интенсивностей дифракционных пиков к структурным факторам.
21. Влияние теплового движения атомов на дифракцию излучения.

6.2. Шкала и критерии оценивания

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний	В целом успешные, но не систематические знания	В целом успешно, но содержащее отдельные	Успешные и систематические знания

			пробелы знания	
Умения	Отсутствие умения применять фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания	Успешное и систематическое умение применять знания
Навыки	Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач	В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач	В целом успешные, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	Успешные и систематические навыки в решении задач

7. Ресурсное обеспечение

Основная литература

1. В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров. Основы нейтронографии. М.: МГУ, 2023
2. А.В.Белушкин, Введение в методику рассеяния нейтронов, М.: МГУ, 2000
3. В.Л.Аксенов, Т.В.Тропин, Лекции по теории конденсированного состояния, М: МГУ – 2020

Дополнительная литература

1. А.М.Балагуров “Дифракция нейтронов для решения структурных и материаловедческих задач” Учебное пособие, Физфак МГУ им. М.В.Ломоносова, 2017
2. Б.К. Вайнштейн “Симметрия кристаллов”, “Современная кристаллография”, т.1, М., Наука, 1979.
3. Ю.З. Нозик, Р.П.Озеров, К. Хениг “Структурная нейтронография” М., Атомиздат, 1979.
4. М.П. Шаскольская “Кристаллография” М., Высшая школа, 1976
5. И.И. Гуревич, Л.В.Тарасов “Физика нейтронов низких энергий” М., Наука, 1965.
6. В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров “Времяпролетная нейтронная дифрактометрия” УФН, т.166(9), с.955-986, 1996.
7. В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров. Дифракция нейтронов на импульсных источниках. УФН, т. 186, № 3, с. 293, 2016.
8. Дж. Каули. “Физика дифракции”. Москва, “Мир”, 1979, 432 с.
9. Н.Ашкрофт, Н.Мермин, Физика твердого тела, М: Мир, 1979.
10. Ч.Киттель, Введение в физику твердого тела. М.:Наука, 1978.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
2. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
3. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
4. Программный продукт Microsoft ProjectProfessional 2013 академическая лицензия
5. Программный продукт Microsoft VisioProfessional 2013 академическая лицензия
6. Программный продукт Microsoft VisualStudioProfessional 2013 - RUS [Русский(Россия)] академическая лицензия

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

Материально-техническое обеспечение:

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в обычной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

8. Язык преподавания: русский