


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:**

Практикум «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ»

---

**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:**

Авдеев Михаил Васильевич, доктор физ.-мат. наук, по совместительству профессор физического факультета МГУ

**Руководитель магистерской программы:**

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

## Аннотация к рабочей программе дисциплины

Дисциплина направлена на ознакомление студентов с современными физическими установками на реакторе ИБР-2М Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна), применяемыми на них экспериментальными методиками, использующими рассеяние нейтронов, методами обработки полученных экспериментальных данных и реализующих их компьютерных программ.

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ» реализуется на 1-ом курсе во 2-ом семестре магистратуры и входит в состав вариативной части по выбору.

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

Базовые знания в области фундаментальной и прикладной ядерной физики.

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

Компетенции	Результаты обучения
ОПК-1	<p><u>Знать</u> основные законы, научные концепции и методы исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Уметь</u> применять на практике результаты актуальных научных исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Владеть</u> навыками применения современных научных принципов и методов исследования в области ядерной физики для решения профессиональных задач</p>
ПК-1	<p><u>Знать</u> разделы ядерной физики, 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</p>
МПК-3	<p><u>Знать</u> устройство и принцип работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ.</p> <p><u>Уметь</u> обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ.</p> <p><u>Владеть</u> методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 51 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 57 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

№ 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	Реактор ИБР-2М	18	3		6	9	
2	Дифрактометр ДН-2	18	3		6	9	
3	Спектрометр ДН-12	18	3		6	9	
4	Фурье дифрактометр высокого разрешения (ФДВР)	18	3		6	9	
5	Дифрактометр ЮМО	17	3		5	9	
6	Рефлектометр РЕМУР	15	2		5	8	
	Промежуточная аттестация	4				4	Зачет
<b>ИТОГО:</b>		108	17		34	57	

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

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

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

### **Примерные вопросы для коллоквиума**

1. Принципы работы и параметры реактора ИБР-2М ЛНФ ОИЯИ
2. Правилами безопасности при работе на установках на ИБР-2М.
3. Принципы работы и параметры дифрактометра ДН-2. Методика измерений. Калибровка дифрактометра по известной структуре.
4. Программы обработки данных с дифрактометра ДН-2.
5. Принципы работы и параметры спектрометра ДН-12. Методика измерений. Отбор и нормировка спектров.
6. Программы обработки данных со спектрометра ДН-12.
7. Принципы работы и параметры дифрактометра ФДВР. Методика измерений. Программы обработки данных с дифрактометра ФДВР

### **Вопросы к зачету:**

1. Принципы работы и параметры реактора ИБР-2М ЛНФ ОИЯИ
2. Правилами безопасности при работе на установках на ИБР-2М.
3. Принципы работы и параметры дифрактометра ДН-2. Методика измерений. Калибровка дифрактометра по известной структуре.
4. Программы обработки данных с дифрактометра ДН-2.
5. Принципы работы и параметры спектрометра ДН-12. Методика измерений. Отбор и нормировка спектров.
6. Программы обработки данных со спектрометра ДН-12.
7. Принципы работы и параметры дифрактометра ФДВР. Методика измерений.
8. Программы обработки данных с дифрактометра ФДВР.
9. Принципы работы и параметры дифрактометра ЮМО. Методика измерений.
10. Программы обработки данных с дифрактометра ЮМО.
11. Принципы работы и параметры рефлектометра РЕМУР. Методика измерений.
12. Программы обработки данных с рефлектометра РЕМУР.
13. Первичная обработка данных, получение кривых отражения с рефлектометра РЕМУР.
14. Анализ кривых отражения, оценка параметров наносистемы

### **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 пробелы знания	Успешные и систематические знания
Умения	Отсутствие умения применять знания фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешно, но содержащее	Успешное и систематическое умение применять

		е умение применять знания	отдельные пробелы умение применять знания	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. И.И. Гуревич, Л.В. Тарасов. Физика нейтронов низких энергий, «Наука», Москва, 1965.
2. *Нейтроны и твердое тело* (Под ред. Р.П.Озерова, в 3-х томах): Т. 1 Нозик Ю.З., Озеров Р.П., Хенниг К. *Структурная нейтронография*, М. Атомиздат, 1978
3. Уиндзор К. *Рассеяние нейтронов от импульсных источников*, М.Энергоатомиздат, 1985
4. Клайнкнехт К. Детекторы корпускулярных излучений. М.: Мир, 1990.
5. “*The Rietveld method*” Ed. R.A.Young, Oxford, 1993
6. Д.И.Свергун, Л.А.Фейгин. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние//Наука, Москва, 1986.
7. Григорьев В.А., Колюбин А.А. Логинов В.А. Электронные методы ядерно-физического эксперимента. М.: Энергоатомиздат, 1988.
8. Абрамов А.И., Казанский Ю.А, Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1985.

### Дополнительная литература

1. Small-Angle X-Ray Scattering, Eds. O.Glatte and O.Kratky, New York: Academic Press (1982)
2. Modern Aspects of Small-Angle Scattering, Ed. H.Brumberger, Kluwer Academic Publishers (1995)
3. Price W. Nuclear Radiation Detection. New York, McGraw-Hill, 1958.

### Периодическая литература

1. V.L. Aksenov, K.N. Jernenkov, S.V. Kozhevnikov et. al, JINR Communications D13-2004-47 (2004)
2. N.K. Pleshanov, V.M. Pusenkov //Z.Phys.B 100,p. 507, 1996
3. Yu.M.Ostanevich. Time-of-Flight Small-Angle Scattering Spectrometers on Pulsed Neutron Sources. J.Makromol.Chem., macromol.Symp.15, 91-103 (1988)
4. Ю.М.Останевич, И.Н.Сердюк. Нейтронографические исследования структуры биологических макромолекул, УФН, 1982, том 137, вып.1

5. A.I.Kuklin, A.Kh.Islamov, and V.I.Gordeliy. Two-detector System for Small-Angle Neutron Scattering Instrument, *Neutron News*, vol. 16, 3, pp.16-18.
6. Куклин А.И, Исламов А.Х., Ковалев Ю.С., Утробин П.К., Горделий В.И. Оптимизация двухдетекторной системы малоуглового нейтронного спектрометра ЮМО для исследования нанообъектов. *Поверхность*. 2006, № 6, с.74-83.
7. A.G.Soloviev, A.V.Stadnik, A.H.Islamov and A.I.Kuklin, ``Fitter. The package for fitting a chosen theoretical multi-parameter function through a set of data points. Application to experimental data of the YuMO spectrometer. Version 2.1.0. Long Write-Up and User's Guide". Communication of JINR **E10-2008-2**, Dubna, 2008.
8. А.Г.Соловьев, Т.М.Соловьева, А.В.Стадник, А.Х.Исламов и А.И.Куклин. SAS. Программа для первичной обработки спектров малоуглового рассеяния. Версия 2.4. Описание и руководство пользователя. Сообщение ОИЯИ P10-2003-86, Дубна: ОИЯИ, 2003.
9. J.Skov Pedersen, Analysis of small-angle scattering data from colloids and polymer solutions: modeling and least-squares fitting, *Advances in Colloid and Interface Science* **70** (1997) 171-210
10. Аксенов В.Л., Балагуров А.М. (1996) *УФН* 166 № 9 955
11. Александров И.В., Беседин С.П., Макаренко И.Н., Стишов С.М. (1994) ПТЭ 2 136
12. Глазков В.П., Гончаренко И.Н. (1991) ФТВД 1 56
13. Zlokazov V.B. (1992) *J. Appl. Cryst.* 25 447
14. Aksenov V.L., Balagurov A.M., Glazkov V.P., Kozlenko D.P., Naumov I.V., Savenko B.N., Sheptyakov D.V., Somenkov V.A. et al. (1999) *Physica B* 265 258
15. Y. Taguchi, T. Matsumoto, Y. Tokura. *Phys. Rev. B*, **62**, 7015, (2000).
16. Podlesnyak A., Mirmelstein A., Bobrovskii V., Voronin V., Karkin A., Zhdakhin I., Goshchitskii B., Midberg E., Zubkov V., D'yachkova T., Khlbov E., Genoud J.-Y., Rosenkranz S., Fauth F., Henggeler W., Furrer A., *Physica C*, **258**, 159 (1996).
17. Siegrist T., Zahurak S.M., Murphy D. W. and Roth R. S., *Nature (London)* **334**, 231, (1988). Ikeda N., Hiroi Z., Azuma M., Takano M., Bando Y. Takeda Y., *Physica C* **210**, 367, (1993).

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 Project Professional 2013 академическая лицензия
5. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
6. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS академическая лицензия

#### Материально-техническое обеспечение

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

#### 8. Язык преподавания: русский

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в поточной аудитории. Компьютеры с монитором, проектор, экран, учебная доска.