

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 /
14» 09 2022 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 2022 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:

1. Кандидат физ.-мат. наук, Боднарчук Виктор Иванович, почасовик 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 «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ»

Дисциплина «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ» 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.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

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 б вариативной части.

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

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
МПК-3 Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области фундаментальной и прикладной ядерной физики при решении задач профессиональной деятельности	ИМПК-3.1 Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области фундаментальной и прикладной ядерной физики при решении задач профессиональной деятельности	Знать: устройство и принцип работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ. Уметь: обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ. Владеть: методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Реактор ИБР-2М.

Принципы работы и параметры реактора ИБР-2М ЛНФ ОИЯИ, обзор действующих физических установок реактора ИБР-2М, ознакомление с правилами безопасности при работе на установках на ИБР-2М.

Тема 2. Дифрактометр ДН-2.

Принципы работы и параметры дифрактометра ДН-2. Методика измерений. Калибровка дифрактометра по известной структуре. Программы обработки данных с дифрактометра.

Тема 3. Спектрометр ДН-12.

Принципы работы и параметры спектрометра ДН-12. Методика измерений. Отбор и нормировка спектров. Программы обработки данных.

Тема 4. Фурье дифрактометр высокого разрешения (ФДВР).

Принципы работы и параметры дифрактометра ФДВР. Методика измерений. Программы обработки данных с дифрактометра.

Тема 5. Дифрактометр ЮМО.

Принципы работы и параметры дифрактометра ЮМО. Методика измерений. Программы обработки данных с дифрактометра.

Тема 4. Рефлектометр РЕМУР.

Принципы работы и параметры рефлектометра РЕМУР. Методика измерений. Программы обработки данных с рефлектометра РЕМУР. Первичная обработка данных, получение кривых отражения с рефлектометра РЕМУР. Анализ кривых отражения, оценка параметров наносистемы.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Учебно-практические занятия	
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров		
Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ	3	108	51	17	34	57	

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ» 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.

№ тем ы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Са мо ст оя те ль на я ра бо та	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Вс его ча со в	Л е к ц и и	С е м и н а р ы	Учебно- практичес кие занятия (лаборато рные или практичес кие занятия)			
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	
ИТОГО:		108	17	34		57		

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Исследовательские установки ЛНФ ОИЯИ» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «» проводится в форме зачета в виде письменной работы.

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

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ Зачтено
ЗНАТЬ: устройство и принцип работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	Отсутствие знаний устройства и принципов работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешные, но не систематически знания устройства и принципов работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания устройства и принципов работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	Успешные и систематические знания устройства и принципов работы основных исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ

			ких установок ЛНФ ОИЯИ	
УМЕТЬ: обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	Отсутствие умения обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешное, но не систематическое умение обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ	Успешное и систематическое умение обрабатывать и анализировать данные, полученные с исследовательских установок ЛНФ ОИЯИ
ВЛАДЕТЬ: методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ	Отсутствие/фрагментарное владение методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешное, но не систематическое владение методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ	Успешное и систематическое владение методами проведения физических исследовательских экспериментов с использованием установок ЛНФ ОИЯИ

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Текущий контроль успеваемости проводится по разделам в форме коллоквиума на 11 неделе. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

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

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Зачет проводится в форме письменной работы.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

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

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

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.Glatter 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. Операционная система Astra Linux (<https://astralinux.ru/>) или аналог, с офисным пакетом.

Интернет-ресурсы

1. <http://flnp.jinr.ru/421/>
 2. <http://flnp.jinr.ru/155/>
 3. <http://www.fs.kfki.hu/>
 4. <http://www-llb.cea.fr/prism/programs/simulreflec/simulreflec.html>
 5. <http://www.jinr.ru/programs/jinrlib/fitter/index.html>
- <http://www.jinr.ru/programs/jinrlib/sas/index.html>

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 поточной аудитории. Компьютеры с монитором, проектор, экран, учебная доска.