

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПАКЕТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	2	72	16	32	0		24	0	3
Итого	2	72	16	32	0	16	24	0	

АННОТАЦИЯ

Курс посвящен программным пакетам GEANT4 и ROOT, широко используемым в настоящее время для моделирования и обработки данных современных экспериментов физики частиц и астрофизики, разработанным в Европейском Центре Ядерных Исследований.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является развитие понимания у студентов современных методик моделирования и анализа данных экспериментов в области физики элементарных частиц, умения проводить необходимые компьютерные вычисления для проведения и постановки эксперимента по измерению какой-либо величины, проверки какого-либо закона физики частиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для начала изучения дисциплины студенты уже должны пройти спец. курсы: экспериментальные методы ядерной физики, квантовая механика, ядерная физика. Изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и, главное, в рамках работы над дипломом.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
организационно-управленческий			
Участие в организации работы научной группы.	Работа в научной группе, отчеты и научные статьи.	ПК-11.1 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики элементарных частиц и космологии, определять необходимые средства и к их использованию	З-ПК-11.1[1] - Знать физику элементарных частиц и основные средства и методы исследования в данной области.; У-ПК-11.1[1] - Уметь использовать методы детектирования

		для решения поставленных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	элементарных частиц и излучений и программные средства при решении задач в соответствующей области.; В-ПК-11.1[1] - Владеть методами исследования в области физики элементарных частиц.
научно-исследовательский			
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области
производственно-технологический			
участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных	Разработка и совершенствование современных ускорительно-	ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и	З-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы

частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом.	накопительных комплексов.	обслуживания оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	безопасного обслуживания технологического оборудования ; У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования
--	---------------------------	---	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Geant4	1-8	8/0/16		25	СК-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1
2	Root	9-16	8/0/16		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

							3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Geant4	8	0	16
1 - 8	Geant4 Метод Монте-Карло для моделирования физических процессов. История разработки и применения метода Монте-Карло в физике. Генераторы псевдослучайных чисел, реализация алгоритмов. Языки программирования Фортран и Си++, их применение в физических расчетах, операционная система Линукс. Пакет Geant4 моделирования физических процессов. Структура пакета и особенности его реализации с помощью объектно-ориентированного языка Си++. Основные понятия и определения пакета Geant4. Установка пакета на компьютере. Описание конструкции детекторов в пакете Geant4 . Объемы и поверхности при моделировании физических установок. Материалы при описании детекторов. Магнитные и электростатические поля в пакете.	Всего аудиторных часов		
		8	0	16
		Онлайн		
		0	0	0

	Физические модели взаимодействия частиц с веществом. Стандартная модель для электромагнитных процессов. Электромагнитные процессы при низких энергиях.. Модели адронных взаимодействий. Модели распадов частиц. Распространение оптических фотонов. Моделирование чувствительных элементов детекторов. Моделирование фотоэлектронных умножителей. Моделирование газовых счетчиков. Моделирование трековых детекторов. Функция отклика чувствительных элементов детектора, моделирование аналого-цифровых преобразователей.			
9-16	Root	8	0	16
9 - 16	Geant4 и Root Инструменты для визуализации и отладки пакета Geant4. Драйверы визуализации. Обнаружение пересекающихся объемов и поверхностей. Команды для отладки и поиска ошибок в коде. Обработка и анализ результатов современного физического эксперимента с помощью пакета Root . Структура пакета и особенности его реализации с помощью объектно-ориентированного языка Си++. Основные понятия и определения пакета Root. Установка пакета на компьютере. Гистограммы и графики в пакете Root . Графические методы представления данных в пакете. Фитирование функций и определение параметров. Статистические методы. Обработка больших массивов данных в пакете Root . Ввод-вывод данных и их форматы. Структура файла данных, понятие дерева, сжатие данных. Математические средства анализа данных пакета Root . Линейная алгебра. Нейронные сети. Случайные функции и моделирование методом Монте-Карло	Всего аудиторных часов		
		8	0	16
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 11	Geant4

	1. Запуск пакета моделирования Geant4, освоение интерфейса и командных макросов 2. Описание различных геометрий, реплики объемов и задание материалов физического детектора. 3. Моделирование физических взаимодействий при регистрации нейтронов в детекторах . 4. Моделирование электромагнитных процессов при разных энергиях и типах заряженных частиц. 5. Моделирование адронных процессов при разных энергиях и типах частиц. 6. Моделирование электростатического и магнитного полей в физических установках . 7. Моделирование распространения и регистрации оптических фотонов. 8. Моделирование генерации черенковского излучения. 9. Визуализация элементов детектора и траекторий частиц. 10. Организация ввода-вывода информации в пакете Geant4. 11. Овладение программным инструментарием для отладки и поиска ошибок в пакете Geant4, поиск пересекающихся объемов.
12 - 16	Root 12. Установка и запуск пакета обработки данных Root, построение графиков и гистограмм данных. 13. Ввод-вывод информации в пакете Root. 14. построение дерева для массива экспериментальных данных. 15. Математическая и статистическая обработка данных в пакете Root. 16. Построение нейронных сетей в пакете Root.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Даже во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

Раз в несколько занятий проводятся тесты.

На семинарах выдаются домашние задания, которые студенты рассказывают потом перед аудиторией, отвечают на вопросы.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, СК-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, СК-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, СК-8, КИ-16
ПК-11.1	З-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-16
	У-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-16
	В-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-16

ПК-6	З-ПК-6	З, СК-8, КИ-16
	У-ПК-6	З, СК-8, КИ-16
	В-ПК-6	З, СК-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ H99 Image Feature Detectors and Descriptors : Foundations and Applications, , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ H75 Introduction to Scientific Computing and Data Analysis : , Holmes, Mark H. , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ H63 Introduction to Statistics and Data Analysis : With Exercises, Solutions and Applications in R, Shalabh. , Schomaker, Michael. , Heumann, Christian. , Cham: Springer International Publishing, 2016
4. ЭИ M82 Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods : MCQMC, Leuven, Belgium, April 2014, , Cham: Springer International Publishing, 2016
5. ЭИ L80 Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics : , Lista, Luca. , Cham: Springer International Publishing, 2016
6. ЭИ Б73 Практикум по методам обработки и моделирования в современных экспериментах по физике высоких энергий : учебное пособие для вузов, Богданов А.А., Лapidус К.О., Тимошенко С.Л., Москва: МИФИ, 2008
7. 539.1 Б73 Практикум по методам обработки и моделирования в современных экспериментах по физике высоких энергий : учебное пособие для вузов, Богданов А.А., Лapidус К.О., Тимошенко С.Л., Москва: МИФИ, 2008
8. 004 С83 Язык программирования C++ : , Страуструп Б., Москва: Бином-Пресс, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В57 Big Data Analysis: New Algorithms for a New Society : , , Cham: Springer International Publishing, 2016

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. ROOT (<https://root.cern.ch/drupal/content/downloading-root>)
2. GEANT4 (<http://geant4.cern.ch/support/download.shtml>)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Компьютерная аудитория ()

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется посещать все занятия без пропусков, тезисно конспектировать лекции, участвовать в обсуждениях, самостоятельно искать ответы на вопросы преподавателя и других студентов, возникающие в процессе освоения курса. Рекомендуется задавать вопросы преподавателю по теме курса, а также на смежные темы. Это способствует пониманию материала, а также помогает формировать ассоциативные связи и лучше понимать цели курса и его роль в системе обучения.

После каждой лекции рекомендуется знакомиться с соответствующим материалом из рекомендованной литературы.

Кроме того рекомендуется:

1. Подготовка к каждой лекции для участия в обсуждении предыдущей лекции.
2. Подготовка к практическому занятию по предлагаемым методическим пособиям и лекциям преподавателя.
3. Отчет по практическому занятию.
4. Подготовка к промежуточному семестровому контролю в соответствии с предложенным преподавателем списком вопросов.
5. Подготовка к заключительному зачёту по всему курсу “Пакеты моделирования и обработки данных”.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс посвящен программным пакетам GEANT4 и ROOT, широко используемым в настоящее время для моделирования и обработки данных современных экспериментов физики частиц и астрофизики, разработанным в Европейском Центре Ядерных Исследований. Курс неразрывно связан с методами и технологиями, применяемыми на практике при разработке и реализации конкретных физических установок и получении результатов физических экспериментов. Преподавателю рекомендуется приводить примеры реализации изучаемых методов в реальных экспериментах, уделять внимание особенностям, присутствующим в тех или иных экспериментах, делиться собственным опытом. Всё это помогает осмыслению и усвоению материала студентами.

Курс предполагает наличие у преподавателя уверенных знаний программирования (в частности объектно-ориентированного языка программирования Си++), общей физики, ядерной физики, физики частиц, физики детекторов ядерных излучений, а также методов статистического анализа данных.

Кроме того рекомендуется:

1. Краткое повторение предыдущей лекции: основные вопросы с участием студентов (обсуждение 5-10 минут).
2. Изложение плана лекции.
3. Чтение лекции.
4. Указание литературы по прочитанному материалу.
5. Проведение практических занятий по отдельным разделам курса в научной лаборатории. Использование методических пособий по лабораторному практикуму.
6. Проведение промежуточного семестрового контроля в соответствии с предложенными преподавателем тестами.
7. В конце семестра – обзорная лекция по всему курсу.
8. Зачет по курсу “Пакеты моделирования и обработки данных”.

Автор(ы):

Мачулин Игорь Николаевич