

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ (PARTICLE PHYSICS PROCESSES  
SIMULATION)**

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, экс./зач./КР/КП
7	2	72	16	16	0	24	16	3
Итого	2	72	16	16	0	24	16	

## АННОТАЦИЯ

Изучаются основные методы и приемы программирования для решения задач моделирования процессов в физике частиц, приобретаются навыки и умение в области методики коллективного программирования, проводится ознакомление с теоретическими основами и стандартными пакетами моделирования.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

1. Изучение:

- применения объектно-ориентированного программирования;
- методов моделирования событий;
- общую схему моделирования процессов.

2. Выработка умений и навыков:

- составить программу, включающую алгоритм, реализованный в форме нескольких функций;
- составить программу, использующую стандартную библиотеку;
- моделировать события, включающие процессы в физике частиц высоких энергий.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов «Основы программирования», «Методы обработки результатов измерений», «Основы фундаментальных взаимодействий».

### 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
	научно-исследовательский		
изучение научно-	элементарные	ПК-1 [1] - Способен	З-ПК-1[1] - знать

<p>технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований;</p>	<p>частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p>использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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</p>
<p>проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;</p>	<p>элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника,</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками</p>

	электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,		проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схмотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками	ПК-15.3 [1] - Способен к участию в научных исследованиях в области физики ядра и частиц, космофизике и космологии, к самостоятельному определению необходимых средств и к их использованию для решения поставленных задач  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-15.3[1] - методы осуществления научных исследованиях в области физики ядра и частиц, космофизике и космологии, методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач; У-ПК-15.3[1] - выполнять научные исследования в области физики ядра и частиц, космофизике и космологии, самостоятельно определять необходимые средства и использовать их для решения поставленных задач; В-ПК-15.3[1] - методами осуществления научных исследованиях в области физики ядра и частиц, космофизике и космологии, методами определения необходимых средств и их использования для

			решения поставленных задач
проектный			
расчет и проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;	разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ,	ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием , требованиями безопасности и принципами CDIO

#### 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	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-ПК-1, У-ПК-1,

							В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-15.3, У-ПК-15.3, В-ПК-15.3
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-15.3, У-ПК-15.3, В-ПК-15.3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-

							ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, 3-ПК- 15.3, У- ПК- 15.3, В- ПК- 15.3
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – 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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	8	0
1	<b>Общая схема моделирования. Обобщенная структура программы.</b> Общая схема моделирования. Обобщенная структура программы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
2	<b>Характеристика библиотеки GEANT4, основные термины и понятия.</b> Характеристика библиотеки GEANT4, основные термины и понятия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
3	<b>Физические процессы и перенос частиц.</b> Физические процессы и перенос частиц.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0

		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Правила создания простейшей программы.</b> Правила создания простейшей программы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Определение набора материалов установки.</b> Определение набора материалов установки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Простейшие формы частей установки.</b> Простейшие формы частей установки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Сложные формы частей установки.</b> Сложные формы частей установки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Особенности отладки геометрии.</b> Особенности отладки геометрии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Часть 2</b>	8	8	0
9	<b>Интерфейс пользователя.</b> Интерфейс пользователя.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Графический интерфейс.</b> Графический интерфейс.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Обзор типичных ошибок в написании программ.</b> Обзор типичных ошибок в написании программ.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Оптимизация программ.</b> Оптимизация программ.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Типы физических процессов и частиц.</b> Типы физических процессов и частиц.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Реализация электромагнитных и ядерных процессов.</b> Реализация электромагнитных и ядерных процессов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Распад частиц.</b> Распад частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		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>
	<b>1. Моделирование распределения Пуассона.</b> 1. Моделирование распределения Пуассона.
	<b>2. Моделирование общего распределения.</b> 2. Моделирование общего распределения.
	<b>3. Моделирование распределения Гаусса.</b> 3. Моделирование распределения Гаусса.
	<b>4. Моделирование Комптон-эффекта.</b> 4. Моделирование Комптон-эффекта.
	<b>5. Моделирование гамма-спектрометра.</b> 5. Моделирование гамма-спектрометра.

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
	<b>1. Моделирование дискретных случайных величин.</b> 1. Моделирование дискретных случайных величин.
	<b>2. Моделирование непрерывных случайных величин.</b> 2. Моделирование непрерывных случайных величин.
	<b>3. Метод суперпозиции.</b> 3. Метод суперпозиции.
	<b>4. Метод исключения.</b> 4. Метод исключения.
	<b>5. Замена переменных.</b> 5. Замена переменных.
	<b>6. Многомерные распределения</b> 6. Многомерные распределения
	<b>7. Длина пробега в неоднородной среде.</b> 7. Длина пробега в неоднородной среде.
	<b>8. Общая схема моделирования.</b> 8. Общая схема моделирования.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс состоит из разных форм обучения: активных и интерактивных. Занятия проводятся с использованием современных технологий, в т.ч. мультимедийных., LMS, электронных ресурсов. На семинарских занятиях студенты решают типичные задачи, разрабатывают программы с использованием стандартных пакетов. Предусмотрено обучение «в сотрудничестве» и групповая работа студентов, а также семинары-практикумы, индивидуальные и групповые консультации, самостоятельная работа.

## 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, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-15.3	З-ПК-15.3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-15.3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-15.3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	З, КИ-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 – «отлично»	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 – «хорошо»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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 – «неудовлетворительно»	Ф	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 К 89 Высшая математика. Математическое программирование : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : Лань, 2008
3. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, , : Лань, 2008
4. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 J22 Statistical methods in experimental physics : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
2. 004 Б26 Фортран для профессионалов Ч.1 , , М.: Диалог-МИФИ, 2000
3. 004 П44 Язык Си++ : Учеб. пособие для вузов, Подбельский В.В., М.: Финансы и статистика, 2004

4. 519 E72 Метод Монте-Карло и смежные вопросы : , С.М. Ермаков, М.: Наука, 1975
5. 519.2 E72 Метод Монте-Карло и смежные вопросы : , С.М. Ермаков, М.: Наука, 1971
6. 519 E72 Курс статистического моделирования : Учеб.пособие для вузов, С.М. Ермаков, Г.А. Михайлов, М.: Наука, 1976
7. 519 С54 Численные методы Монте-Карло : , Соболев И.М., Москва: Наука, 1973

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Студентам необходимо восстановить в памяти и самостоятельно освоить ряд разделов, чтобы:

1. Уметь составлять программы моделирования случайных величин.
2. Знать структуру библиотеки GEANT4.
3. Понимать основную терминологию.
4. Уметь составлять программы моделирования простых физических установок.

Следует обратить особое внимание на следующие разделы дисциплины:

1. Описание геометрии установки.
2. Выбор реализации физических процессов.
3. Отладка программы.

В ходе овладения дисциплиной студент должен подготовить и представить программу моделирования установки АРИНА, которая использовалась при проведении космического эксперимента.

### **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

1. Необходимо обращать внимание студентов на то, что изучение курса имеет базовое значение для специалистов в области ядерной физики и космофизики.

2. Особое внимание следует обратить на знание студентами основных приемов и методов проверки гипотез и оценки параметров распределений.

3. Важнейшим аспектом курса является знание методов моделирования случайных величин, подчиняющихся заданным распределениям.

4. Важнейшим итогом курса должно стать умение студента самостоятельно разработать программу расчета основных характеристик физической установки и оценки ожидаемых результатов эксперимента.

Автор(ы):

Юркин Юрий Тихонович, к.ф.-м.н., с.н.с.