

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 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ВВЕДЕНИЕ В ЦИФРОВУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 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.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3	4	144	16	32	0		60	0	Э
Итого	4	144	16	32	0	0	60	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Курс является существенной частью подготовки физиков-экспериментаторов и специалистов в смежных областях, применяющих на практике цифровую электронную аппаратуру.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины являются :

- углубленное изучение принципов работы и областей применения современных цифровых электронных устройств при съеме и обработке информации, поступающей с детекторов элементарных частиц и ионизирующих излучений.

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

Данная учебная дисциплина входит в образовательный модуль комплекса курсов. Содержательно и методически дисциплина является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний специалиста в области экспериментальной ядерной физики, физики элементарных частиц и медицинской физики.

«Входными» знаниями являются знания общей физики, ядерной физики, теоретической физики, электротехники, электроники и экспериментальных методов ядерной физики.

Для изучения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение следующих разделов: электричества и магнетизма, атомной и молекулярной физики, физики твердого тела и электронных приборов, ядерной физики, классической и квантовой электродинамики, основ электротехники, аналоговой и цифровой электроники.

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	З-ОПК-1 [1] – Знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов У-ОПК-1 [1] – Уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по

	согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В-ОПК-1 [1] – Владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

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			
2 Организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений, определение порядка выполнения работ; поиск оптимальных решений с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды; подготовка заявок на патенты, изобретения и промышленные	2 Участие в организации, подготовке и проведении различных экспериментов по физике ядра и частиц (включая создание и использование детекторов элементарных частиц и излучений), в измерениях и обработке экспериментальных данных, в дискуссиях по анализу теоретических гипотез и интерпретаций	ПК-3.2 [1] - Способен формулировать исходные данные, а также вырабатывать и обосновывать организационные решения в области проектирования ядерно-физических установок и проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики, решать поставленные задачи с выбором необходимых физико-технических средств <i>Основание:</i>	З-ПК-3.2[1] - Знать основные методы постановки задач и организации работ в области проектирования ядерно-физических установок, методы проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц; У-ПК-3.2[1] - Уметь решать поставленные задачи в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики

<p>образцы и оценка стоимости объектов интеллектуальной деятельности; составление рефератов, написание и оформление научных статей; участие в организации семинаров, конференций; участие в организации инфраструктуры предприятий, в том числе информационной и технологической</p>	<p>экспериментов в области физики высоких энергий (в том числе - на современных коллайдерах частиц), а также во многих смежных научных направлениях</p>	<p>Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>с выбором необходимых физико-технических средств; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами проведения выбора и обоснования организационных решений в области проектирования ядерно-физических установок, методами проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц</p>
--	---	--	--

### проектный

<p>4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических</p>	<p>4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов</p>	<p>ПК-3.3 [1] - Способен к работе с современным программным обеспечением и его разработке для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики ядра и элементарных частиц</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-3.3[1] - Знать принципы формирования целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построения структуры их взаимосвязей, выявления приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; У-ПК-3.3[1] - Уметь проводить проектирование детекторов и установок, а также, на концептуальном уровне, самих экспериментов в области физики ядра и элементарных частиц, использовать информационные технологии при</p>
--	---	---	--

условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий			разработке новых установок, материалов и изделий; В-ПК-3.3[1] - Владеть методами выполнения расчётных, проектно-конструкторских работ и обработки результатов средствами современных программных пакетов
4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок

инновационный							
6 Разработка планов и программ организации инновационной деятельности на предприятии, координация работы персонала для комплексного решения инновационных проблем; оценка инновационного потенциала новой продукции для высокотехнологичных отраслей экономики; участие в создании перспективных научноемких технологий	6 Системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, новые технологии применения приборов и установок для проведения научных ядерно-физических исследований	ПК-3.5 [1] - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.5[1] - Знать научно-техническую документацию в соответствующей области знаний, охранные документы (патенты, заявки и др.), методы определения патентной чистоты объекта техники; У-ПК-3.5[1] - Уметь оценивать патентоспособность вновь созданных технических и художественно-конструкторских решений, обосновывать меры по обеспечению патентной чистоты объекта техники; В-ПК-3.5[1] - Владеть систематизацией и анализом отобранный документации, оформлять результаты исследований в виде отчета о патентных исследованиях				

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	3 Семестр						
1	Часть 1	1-8	8/16/0		25	КИ-8	В-ОПК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1

2	Часть 2	9-16	8/16/0		25	КИ-16	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, З-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3, З-ПК-3.5, У-ПК-3.5, В-ПК-3.5, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	Э	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, З-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3, З-ПК-3.5, У-ПК-3.5, В-ПК-3.5, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1

\* – 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
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.,	Лаб.,
--------	---------------------------	-------	-----------	-------

			<b>час.</b>	<b>час.</b>	<b>час.</b>
	<i>3 Семестр</i>		16	32	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>		8	16	0
1 - 3	<b>Общая характеристика курса "Введение в цифровую электронику физического эксперимента".</b> Введение. Предмет курса и его место в специальности. Существующие технологии цифровых ИС, номенклатура и назначение.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
4 - 5	<b>Комбинационные и последовательностные устройства цифровой электроники, их назначение и реализация</b> Структура комбинационных устройств, их номенклатура, характеристики и области применения в электронике физического эксперимента. Основные элементы последовательностных устройств: триггера типов RS, D и JK. Временные диаграммы. Особенности применения.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
6 - 7	<b>Устройства последовательностной логики на базе триггеров различных типов.</b> Базовые структуры последовательностных устройств: регистры хранения, сдвига, счетчики различных типов, реализуемые в виде современных ИС.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
8 - 10	<b>Цифровые устройства современных средств вычислительной техники</b> Микропроцессоры и микроконтроллеры. История развития и текущее состояние. Номенклатура современных МП и МК, их особенности, архитектура и назначение.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
<b>9-16</b>	<b>Часть 2</b>		8	16	0
11 - 12	<b>Микроконтроллеры и их применение</b> Типы современных микроконтроллеров. Области применения в современном физическом эксперименте. Особенности RISC и CISC архитектуры МК. МК семейства MCS-51. Система команд, функциональные расширения базовых семейств МК		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
13 - 14	<b>Особенности современных реализаций МК семейства MCS-51</b> Расширение эксплуатационных возможностей МК этого семейства. Дополнительные периферийные устройства в составе МК. Особенности программирования МК.		Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
14 - 16	<b>Подготовка к аттестации</b> Подготовка отчетов и получение вопросов для аттестации		Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	8 0 0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1 - 8	<b>Домашнее задание 1</b> Подготовка рефератов по примерным темам
9 - 16	<b>Домашнее задание 2</b> Подготовка рефератов по примерным темам

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса, помимо лекционного материала, проводятся семинары:

- с углубленным изучением принципов работы и областей применения современных цифровых электронных устройств при съеме и обработке информации, поступающей с детекторов;

- семинары с дискуссиями с обсуждением тем рефератов;

Также используется самостоятельная работа студентов: подготовка рефератов по тематике курса

с докладами на итоговых занятиях.

## 6. 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)
ОПК-1	3-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3.2	3-ПК-3.2	Э, КИ-16
	У-ПК-3.2	Э, КИ-16
	В-ПК-3.2	Э, КИ-16
ПК-3.3	3-ПК-3.3	Э, КИ-16
	У-ПК-3.3	Э, КИ-16
	В-ПК-3.3	Э, КИ-16
ПК-3.5	3-ПК-3.5	Э, КИ-16

	У-ПК-3.5	Э, КИ-16
	В-ПК-3.5	Э, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-16
УК-1	В-ПК-5	Э, КИ-16
	З-УК-1	Э, КИ-16
	У-УК-1	Э, КИ-16
	В-УК-1	Э, 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 иочно 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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	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.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ S98 Symmetries of Integro-Differential Equations : With Applications in Mechanics and Plasma Physics, Meleshko, Sergey V. [и др.], Dordrecht: Springer Netherlands, 2010
2. 621.38 П27 Дозовые эффекты в изделиях современной микроэлектроники : учебное пособие, Улимов В.Н., Скоробогатов П.К., Першеников В.С., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. 8(Рус) С41 Микроэлектроника: русский как иностранный : учебно-методическое пособие, Сицина-Кудрявцева А.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
4. 621.38 Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Гляненко А.С., Логинов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Гляненко А.С., Логинов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.37 М47 Быстродействующая импульсная электроника : , Мелешко Е.А., Москва: Физматлит, 2007
2. 620 Г61 Введение в нанотехнику : , Головин Ю.И., Москва: Машиностроение, 2007
3. 621.3 В24 Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий Т.1 Физико-химические основы технологии микроэлектроники, , Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2010
4. ЭИ П31 Лабораторный практикум "Проектирование цифровых устройств на программируемых логических интегральных схемах : (виртуальная микроэлектроника), Микульский С.Г., Сарксян К.А., Петропавловский В.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. 621.38 Г94 Лабораторный практикум по курсам "Микроэлектронные радиотехнические устройства" и "Основы видеотехники" : , Квитка А.А., Гуменюк С.В., М.: МИФИ, 1998
6. 621.39 М59 Микро- и наноэлектроника в системах радиолокации : , Гуляев Ю.В. [и др.], Москва: Радиотехника, 2013
7. 620 Г61 Наномир без формул : , Головин Ю.И., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2012
8. 620 Н25 Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике : монография, Елкин С.В. [и др.], Троицк: Тровант, 2009
9. 621.38 Л72 Нанотехнология в электронике : введение в специальность: учебное пособие для вузов, Константинова Г.С., Лозовский С.В., Лозовский В.Н., Санкт-Петербург [ и др.]: Лань, 2008

10. 621.38 Щ94 Наноэлектроника : учебное пособие для вузов, Щука А.А., Москва: Бином, Лаборатория знаний, 2012

11. 001 Н35 Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010 Т.2 Нанофизика и нанотехнологии. Фундаментальные проблемы науки, , Москва: , 2010

12. 620 Н34 Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография, , Долгопрудный: Интеллект, 2011

13. 621.38 А47 Основы микросхемотехники : , Алексенко А.Г., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2017

14. 621.38 Н62 Основы микроэлектроники : лабораторный практикум, Никифорова М.Ю., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

15. 621.38 З-47 Физические основы кремниевой наноэлектроники : учебное пособие, Зебрев Г.И., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2017

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Общие указания:

При изучении курса следует:

- регулярно посещать лекции;
- своевременно выполнить и представить рефераты.

Специальные указания.

1. Максимально использовать всю информацию, доступную из Интернета, включающую все новинки в этой области.

2. Предварительно согласовать проект реферата с преподавателем

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

Преподаватель должен сконцентрировать свои усилия на обеспечении самостоятельной работы студентов.

Предполагается следующая структура лекционно-практических занятий: чтение блока теоретического материала с последующей проработкой в ходе самостоятельной работы.

Опыт, накопленный в ходе преподавания данной дисциплины, показывает, что необходимо мотивировать студента на самостоятельную работу.

Автор(ы):

Логинов Виталий Александрович, доцент

Рецензент(ы):

И.И. Яшин, проф.каф.7