

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**

**ЯДЕРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

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	32	0	24	0	3
Итого	2	72	16	32	0	16	24	0

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Ядерная электроника (в физике низких энергий)» направлена на изучение и приобретение навыков использования современных электронных схем и устройств в экспериментальной ядерной физике и космофизике.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Ядерная электроника» является приобретение навыков и умений в области разработки и создания электронных устройств и приборов для экспериментальной ядерной физики и космофизики с использованием расширенных возможностей современной элементной базы, а также их стыковка с детекторами излучений и электронной вычислительной техникой

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

Дисциплина входит в инженерный модуль и базируется на прослушанных курсах Физика: «Электричество и магнетизм», «Электротехника», «Электроника», «Ядерно-физические приборы и методы в космофизическом и наземном эксперименте», «Приборы и техника ядерно-физического эксперимента». Полученные в ходе освоения дисциплины знания необходимы для освоения курса «Современный ядерно-физический эксперимент на наземных установках и в космосе», а также проведения НИРС, прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

### 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			
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной

<p>данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.</p>	<p>Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.</p>	<p>исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией</p>
<p>проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов</p>	<p>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 схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками</p>	<p>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</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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</p>

			области физики ядра и частиц, космофизике и космологии, методами определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач
изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	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 схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками	ПК-15.4 [1] - Способен работать с детекторами и установками в области физики ядра и частиц, над их оптимизацией с применением средств их диагностики  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-15.4[1] - методы применения детекторов и установок в области физики ядра и частиц, а так же методы их оптимизацией с применением средств их диагностики ; У-ПК-15.4[1] - применять детекторы и установки в области физики ядра и частиц, выполнять их оптимизацию с применением средств их диагностики; В-ПК-15.4[1] - методами применения детекторов и установок в области физики ядра и частиц, а так же методами их оптимизацией с применением средств их диагностики
производственно-технологический			
участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия	Разработка и совершенствование современных ускорительно-накопительных комплексов.	ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования ; У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической

элементарных частиц с веществом.			дисциплины и обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования
проектный			
разработка проектной и рабочей технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ	разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ	ПК-15.7 [1] - Способен проектировать и создавать новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-15.7[1] - методы проектирования и создания новых продуктов и систем; У-ПК-15.7[1] - проектировать и создавать новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике; В-ПК-15.7[1] - методами проектирования и создания новых продуктов и систем

#### 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
	7 Семестр						

1	Часть 1	1-8	8/16/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-15.3, У-ПК-15.3, В-ПК-15.3, 3-ПК-15.4, У-ПК-15.4, В-ПК-15.4, 3-ПК-15.7, У-ПК-15.7, В-ПК-15.7
2	Часть 2	9-16	8/16/0	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-15.3, У-ПК-

							15.3, В- ПК- 15.3, 3-ПК- 15.4, У- ПК- 15.4, В- ПК- 15.4, 3-ПК- 15.7, У- ПК- 15.7, В- ПК- 15.7
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	3	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 15.3, У- ПК- 15.3, В- ПК- 15.3, 3-ПК- 15.4, У- ПК- 15.4, В- ПК- 15.4, 3-ПК- 15.7, У-

							ПК-15.7, В-ПК-15.7
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

\* – 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

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	32	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	16	0
1	<b>Детектор элементарных частиц</b> Детектор элементарных частиц как источник электрического сигнала.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Схемы связи детекторов</b> Схемы связи детекторов с электронными устройствами.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Зарядочувствительные предусилители.</b> Зарядочувствительные предусилители.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Аналоговая обработка сигналов.</b> Аналоговая обработка сигналов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Метод совпадений – антисовпадений.</b> Метод совпадений – антисовпадений.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Измерение временных распределений.</b> Измерение временных распределений.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Преобразование время – цифра в стандарте КАМАК.</b> Преобразование время – цифра в стандарте КАМАК.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		



		0	0	0
8	<b>Измерение амплитудных распределений.</b> Измерение амплитудных распределений.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Часть 2</b>	8	16	0
9	<b>Кодирование амплитуд импульсов.</b> Кодирование амплитуд импульсов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Цифровая регистрация событий</b> Цифровая регистрация событий	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Быстродействующие схемы с ненасыщенными ключами.</b> Быстродействующие схемы с ненасыщенными ключами.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Триггеры на интегральных микросхемах.</b> Триггеры на интегральных микросхемах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Двоичные счетчики. Регистры.</b> Двоичные счетчики. Регистры.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Стандарты NIM, САМАС.</b> Стандарты NIM, САМАС.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Микропроцессоры и микро – ЭВМ.</b> Микропроцессоры и микро – ЭВМ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Обзорная лекция.</b> Обзорная лекция.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		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

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Помимо лекций и самостоятельной работы предусмотрена подготовка по электронной части ядерного и космофизического оборудования, приборов и установок, созданных и используемых во время прохождения НИРС в научно-исследовательских подразделениях университета или за его пределами.

## 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-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-15.4	З-ПК-15.4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-15.4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-15.4	З, КИ-8, КИ-16
ПК-15.7	З-ПК-15.7	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-15.7	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-15.7	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-6	З-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	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 Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. ЭИ В 57 Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.38 Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.38 Г12 Основы ядерной электроники Ч.1 , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
3. 621.38 Щ94 Электроника : учеб. пособие для вузов, А. А. Щука, СПб: БХВ-Петербург, 2005

4. 539.1 Ц74 Ядерная радиоэлектроника : учебное пособие для вузов, А. П. Цитович, Москва: Наука, 1967
5. 539.1 Ц74 Ядерная электроника : учебное пособие для вузов, А.П. Цитович, Москва: Энергоатомиздат, 1984
6. 539.1 Г83 Лабораторный практикум по электронным методам регистрации ядерно-физических событий : учебное пособие, Григорьев В.А., Певчев Ю.Ф., Финогенов К.Г., М.: МИФИ, 1982
7. 621.38 Б40 Цифровые устройства и микропроцессоры : учебное пособие, Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко, Ростов-на-Дону: Феникс, 2008
8. 539.1 Ф60 Электронные методы ядерной физики (цифровые методы) : Учеб. пособие, Финогенов К.Г., М.: МИФИ, 1977

#### 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. Знать вольт-амперные характеристики основных полупроводниковых приборов.
2. Уметь пользоваться врямя-формирующими RC и LR цепями и знать их свойства и характеристики.
3. Научиться оценивать:
  - коэффициент усиления усилителей тока, напряжения, заряда;
  - входное и выходное сопротивление усилителей;
  - время-частотные характеристики усилительных схем.
4. Уметь составлять простейшие электронные схемы и устройства на логических элементах для проведения экспериментов с детекторами ионизирующих излучений.

Следует обратить особое внимание на следующие разделы дисциплины:

1. Современные полупроводниковые электронные приборы и логические элементы.
2. Детекторы ионизирующего излучения, их характеристики и параметры выходных электрических сигналов.

В ходе овладения дисциплиной студент должен подготовить и представить презентацию по ядерно-электронным устройствам, установкам, приборам, которые использовались им в ходе выполнения НИРС или используются в его научной лаборатории.

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

1. Необходимо обращать внимание студентов на то, что изучение курса имеет базовое значение не только для специалистов в области ядерной физики и космофизики, будущих бакалавров-физиков, но и, вообще, образованного человека в век столь широкого использования электронных устройств в нашей жизни.

2. Особое внимание следует обратить на знание студентами основных характеристик современных полупроводниковых приборов и логических элементов, а также устройств на их базе.

3. Важнейшим аспектом курса является знание всех видов детекторов ионизирующего излучения и параметров выходных электрических сигналов с них.

4. Важнейшим итогом курса должно стать умение студента самостоятельно разработать электронную схему ядерно-физического или космофизического эксперимента с использованием различных детекторов и современной электронной базы.

Автор(ы):

Грачев Виктор Михайлович, к.ф.-м.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

Гаврилов Л.Е.