

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

«30»  2020 г.

Регистрационный № УД- 9031/уч.

**КОНТРОЛЬ АТОМНЫХ И ЯДЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

2020

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта специальности 1-31 04 06 «Ядерная физика и технологии»
ОСВО 1-31 04 06 – 2013 от 30.08.2013 № 88 и учебных планов № G31-142/уч., №G31и-175/уч. от 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛИ:

А.И.Тимощенко – заведующий кафедрой ядерной физики кандидат физико-математических наук, доцент;

М.В.Комар – доцент кафедры ядерной физики, кандидат технических наук, доцент;

И.А.Левко – доцент кафедры ядерной физики, кандидат технических наук, доцент;

С.С.Слюсаренко – доцент кафедры ядерной физики, кандидат физико-математических наук, доцент;

В.В.Шляхтин – доцент кафедры ядерной физики, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Кутень С.А. — зав. отделом теоретической физики научно-исследовательского учреждения «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 21 мая 2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 17 июня 2020 г.).

Заведующий кафедрой ядерной физики
к. ф.-м. н., доцент

_____ А.И. Тимощенко

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины состоит в углублении теоретических знаний о современных технологиях контроля параметров ядерно-физических установок, истории и перспектив развития этих технологий.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомить студентов с представлением о фундаментальных физических опытах в области атомной и ядерной физики и их роли в развитии науки;
- дать представление о вкладе отечественных ученых в развитии мировой атомной и ядерной физики.
- подготовить обучающихся к применению методов наблюдения ЯМР для исследования структуры веществ;
- дать студентам знания об особенностях, структуре и составе АСУ ТП Белорусской АЭС с ВВЭР-1200;
- дать знания о современных технологических программно-технических средствах в составе систем безопасности и нормальной эксплуатации ядерного энергоблока;
- изучить основные программно-технические комплексы АСУ ТП Белорусской АЭС;
- ознакомить обучающихся с подходами к проектированию электронных средств систем контроля и управления ядерно-физическими установками, в частности, с языком описания проектов VHDL, методами повышения эффективности проектных операций с применением VHDL, подходами к верификации проектов;
- дать представление обучающимся об основах работы с САПР Quartus II, FPGA Advantage Mentor Graphics,
- предоставить возможность обучающимся приобрести навыки разработки сложных функциональных блоков (СФ-блоков) СБИС с использованием VHDL;
- способствовать развитию научного мировоззрения обучающихся.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная программа дисциплины «Контроль атомных и ядерных параметров физических установок» относится к **циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования. Настоящая программа является оригинальной и разработана с учетом соответствующих требований образовательного стандарта специальности 1-31 04 06 «Ядерные физика и технологии» (ОСВО 1-31 04 06-2013) для специализации 1-31 04 06 – 01 Ядерная физика и электроника.

Дисциплина позволяет сформировать у учащихся целостное представление об историческом развитии методов измерений атомных и ядер-

ных характеристик объектов и направлениях развития технологий контроля атомных и ядерных параметров физических установок на базе современных электронных средств и средств проектирования систем управления этим установками. Изучение истории методов атомной и ядерной физики носят гносеологический характер и позволяют оценить путь пройденный современной наукой. Одним из таких методов является ядерный магнитный резонанс (ЯМР), который служит инструментом, позволяющим исследовать физические свойства вещества и, в том числе, проводить неразрушающий контроль структуры материалов. Явление ЯМР наблюдается в системах ядер атомов, обладающих магнитным и механическим моментами. При экспериментальном наблюдении ЯМР производится точная настройка на собственную частоту магнитной системы ядер во внешнем магнитном поле. В результате появляется возможность получать информацию о процессах, происходящих в веществе на атомарном уровне, проводить идентификацию как самих веществ, так и их структурных особенностей.

Автоматизация контроля атомных и ядерных параметров сложных технических систем является важной отраслью современной науки и техники. Она позволяет обеспечить надежность и безопасность в управлении ядерными и другими опасными объектами, снизить роль человеческого фактора в возникновении аварий и катастроф.

В связи с запуском Белорусской АЭС ядерная энергетика становится важнейшей отраслью промышленности страны, открывая новые возможности для развития национальной экономики. Безопасная эксплуатация ядерного энергоблока обеспечивается автоматизированными системами управления технологическими процессами – АСУ ТП АЭС. АСУ ТП предназначена для управления всеми технологическими и электротехническими объектами АЭС. АСУ ТП АЭС обеспечивает ядерную и радиационную безопасность и надежность выработки электроэнергии. Информационные и управляющие сигналы программно-технических комплексов (ПТК) АСУ ТП АЭС, передаваемые по локальным вычислительным сетям (ЛВС), обеспечивают работу энергоблока в режиме нормальной эксплуатации и меры безопасности при возникновении аварийных ситуаций. Руководящий, оперативный и инженерно-технический персонал АЭС должен обладать не только фундаментальными знаниями в области реакторной физики, но и глубокими знаниями и пониманием функционирования сложных ПТК АСУ ТП, особенностей информационных и сетевых технологий, обеспечивающих передачу по ЛВС потоков информации сигналов первичных преобразователей и исполнительных механизмов.

Одним из важнейших элементов аппаратуры контроля атомных и ядерных параметров сложных физических установок являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС – Programmable Logic Devices – PLD). Они представляют собой новую элементную базу, обладающую гибкостью заказных БИС и доступностью традиционной "жесткой" логики. Главным отличительным свойством ПЛИС является возможность их настройки на выполнение заданных функций самим пользовате-

лем. Современные ПЛИС характеризуются низкой стоимостью (1-2 доллара США), высоким быстродействием (до 3,5 нс), значительными функциональными возможностями (одна ПЛИС может заменить несколько сот корпусов традиционной "жесткой" логики), многократностью перепрограммирования, низкой потребляемой мощностью (позволяющей использовать их в изделиях с батарейным питанием), гибкостью архитектуры и др.

Доказательством перспективности новой элементной базы служит ежегодное появление новых, имеющих более совершенную архитектуру, поколений ПЛИС, а также постоянно растущий объем выпуска ПЛИС ведущими зарубежными производителями микросхем: Advanced Micro Devices (AMD), Altera, Xilinx, Atmel, Intel и др.

Процесс проектирования цифрового устройства на основе ПЛИС заключается в описании его функционирования на входном языке используемого программного средства, выполнении автоматизированного синтеза, проведении моделирования и настройке выбранной ПЛИС с помощью программатора. При этом время разработки даже достаточно сложных проектов может составлять всего несколько часов. Для того чтобы изменить алгоритм работы устройства, достаточно перепрограммировать ПЛИС, причем отдельные ПЛИС допускают программирование (перепрограммирование) уже после их установки на плату. По существу разработка устройств на основе ПЛИС представляет собой новую технологию проектирования электронных схем, включая их изготовление и сопровождение. Применение ПЛИС в электронных системах контроля атомных и ядерных параметров и управления физическими установками позволяет обеспечивать на требуемом уровне надежность и безопасность эксплуатации сложных технических объектов.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебный материал дисциплины основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах цикла общенаучных и общепрофессиональных дисциплин «Математический анализ», «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Физика атома и атомных явлений», «Физика ядра и элементарных частиц», «Основы радиоэлектроники»; цикла специальных дисциплин «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Основы функционального анализа и теории функций», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математической физики», «Программирование и математическое моделирование», «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Статистическая физика и термодинамика», «Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом», «Методы и устройства регистрации излучений», «Электроника физических установок», «Физика ядерных реак-

торов», «Тепломассоперенос в ядерных энергетических установках», «Ядерные энергетические установки», «Системы управления и защиты ядерных энергетических установок»; цикла дисциплин специализации «Программное и информационно-сетевое обеспечение ядерных и радиационных технологий», «Основы C, C++ и их применение для решения физико-технических задач», «Элементы системы автоматики и управления ядерных энергетических установок», «Архитектура однокристалльных микро-ЭВМ», «Технологии информационно-измерительных систем», «Ускорители заряженных частиц (сильноточная электроника)», «Статистические методы обработки информации в ядерно-физическом эксперименте», «Нейтронная физика», «Спектрометрия и радиометрия ионизирующих излучений».

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению обучающихся в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- технологии научно-исследовательской деятельности;
- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-личностных и профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- об основных исторических вехах развития ядерной и атомной физики с точки зрения экспериментальных достижений;
- о вкладе отечественной школы ядерной и атомной физики в основы данного направления физики;
- об основных закономерностях ядерного магнетизма и свойствах резонансных систем;
- о путях применения основных нейтронно-физических принципов кинетики ядерного реактора к автоматизации управления им;
- об особенностях энергоблока ВВЭР-1200;
- структурную схему АСУ ТП энергоблока ВВЭР-1200;
- назначение и функции ПТК второго уровня АСУ ТП энергоблока;
- принципы работы комплекса средств автоматизации нормальной эксплуатации ТПТС-НТ, комплекса оборудования системы управления и защиты (СУЗ), комплекса средств автоматизации управляющей системы безопасности (УСБ) ТПТС-СБ, подсистемы оперативной диагностики системы контроля, управления и диагностики (СКУД);
- технологии промышленных ЛВС;

- назначение, виды обеспечений и особенности организации современных САПР; основные характеристики САПР Mentor Graphics, Quartus II, Tanner Pro, PSpice; маршруты проектирования СБИС с использованием языков описания проектов; первичную абстракцию VHDL; лексические элементы, типы данных, операции, операторы управления, процессы, пакеты, функции, основные стили описания проектов, контроль ошибок, специфику подмножеств языка VHDL в САПР Mentor Graphics и Quartus II; роль VHDL при проектировании, верификации, сопровождении и модификации проектов;

уметь:

- выбирать метод регистрации событий, достаточный для получения результата и минимальный по затратам;
- объяснять явления ядерной магнитной прецессии, взаимодействия магнитных моментов ядер с высокочастотным магнитным полем, спин-спиновой и спин-решеточной релаксации;
- объяснять взаимодействие ПТК второго уровня структурной схемы АСУ ТП с первичными преобразователями и исполнительными механизмами;
- объяснять принцип работы ПТК СУЗ, УСБ, СКУД;
- описывать проекты СФ-блоков в структурном, поведенческом и потоковом стилях VHDL, создавать иерархию проекта, обоснованно применять конструкции языка, моделировать устройства с использованием средств VHDL;
- анализировать алгоритмы и программные средства, реализующие выбранные модель и методику;

владеть:

- знаниями о всем комплексе измерительной техники атомной и ядерной физики;
- методами непрерывного и импульсного наблюдения ЯМР;
- методами анализа структурных схем ПТК СУЗ, УСБ, СКУД;
- особенностями сетевых технологий промышленных сетей.
- архитектурами построения различных ПЛИС, умением выбора той или иной архитектуры в зависимости от поставленной задачи, системой автоматизированного проектирования Quartus II для успешного применения ПЛИС, языком текстового описания логических структур для компактного описания их и независимого применения в различных САПР.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Контроль атомных и ядерных параметров физических установок» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для

решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).

СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-2. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку производственных процессов.

ПК-3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-4. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-6. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской, научно-педагогической и производственной деятельности.

ПК-7. Разрабатывать и оптимизировать ядерно-физические технологии в энергетике и промышленности.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-10. Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 9 семестре. Форма получения высшего образования – очная, дневная.

Всего на изучение учебной дисциплины «Контроль атомных и ядерных параметров физических установок» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 100 часов, в том числе 42 аудиторных часа, из них: лекции – 34 часа, управляемая самостоятельная работа – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2,5 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Системы регистрации атомных и ядерных явлений в их историческом развитии

Тема 1.1. Предыстория атомной физики.

Предыстория атомной физики: учение об атомах XVII-XIX столетий. Идеи атомизма Эпикура и Демокрита в эллинские времена. В XVII - идеи П. Гассенди и Р. Бойля. 1803 год – Дж. Дальтон, идея атома.

Открытие спектрального анализа в 1860 году Г. Кирхгофом и Р. Бунзеном.

Начало атомной физики – открытие электрона и явления радиоактивности.

Открытие явления радиоактивности в 1896 году А. Беккерелем.

Тема 1.2. Первые детекторы заряда.

Версориум Жильберта. Электроскоп. Спинтарископ. Эксперимент Гейгера –Мардсена. Трековые или координатные детекторы. Ядерные фотоэмульсии. Диэлектрические детекторы. Камера Вильсона. Диффузионная камера. Пузырьковая камера. Искровая камера.

Тема 1.3. Детекторы заряда с электронной регистрацией.

Многопроволочная пропорциональная камера. Дрейфовая камера. Время-проекционная камера.

Тема 1.4. Другие детекторы.

Микростриповый детектор. Детекторы MICROMEGAS. Фотодетекторы. История ФЭУ. Сцинтилляторы.

Раздел 2. Ядерный магнитный резонанс

Тема 2.1. Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент петлевого тока. Катушка Гельмгольца.

Тема 2.2. Связь магнитного и механического моментов электрона. Прецессия дипольного магнитного момента в однородном магнитном поле. Частота Лармора.

Тема 2.3. Эффект Зеемана. Тонкая и сверхтонкая структуры спектральных линий атома. G-Фактор Ланде.

Тема 2.4. Уравнения Блоха. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Импульсные методы ЯМР.

Раздел 3. Программно-технические комплексы для контроля технологических параметров ядерных энергетических установок на примере Белорусской АЭС

Тема 3.1. Физические основы контроля нейтронно-физических параметров ядерных энергетических установок. Основные положения кинетики теплового реактора. Нейтронно-физические процессы в ядерном реакторе. Энергетическое распределение нейтронов. Элементарное уравнение кинетики теплового реактора. Зависимость переходных процессов в реакторе от среднего времени жизни поколения нейтронов. Схема деления ядра. Период реактора.

Тема 3.2. Программно-технические комплексы АСУ ТП Белорусской АЭС. Функции АСУ ТП энергоблока АЭС. Технологические объекты энергоблока. Особенности проекта АЭС-2006 3+ поколения с ВВЭР 1200. Иерархия структурной схемы АСУ ТП Белорусской АЭС. Программно-технические комплексы АСУ ТП Белорусской АЭС.

Тема 3.3. Комплекс средств автоматизации АСУ ТП АЭС-2006 с ВВЭР 1200. Функциональная схема базового электронного модуля ТПТС-51. Структурная схема комплекса средств автоматизации (КСА) ТПТС-НТ. Характеристики модулей связи с процессом. Функциональная схема КСА ТПТС-НТ. Схема обеспечения резервирования электронных составляющих ТПТС-НТ. Электронные составляющие КСА ТПТС-НТ.

Тема 3.4. Программно-технический комплекс системы управления и защиты (СУЗ) энергоблока. Структурная схема четырехканальной СУЗ. Функции СУЗ. Программно-технический комплекс системы группового и индивидуального управления (СГИУ) энергоблоком. Функции и оборудование СГИУ. Состав активной зоны и механические системы управления ВВЭР 1200.

Тема 3.5. Программно-технический комплекс системы внутриреакторного контроля (СВРК) энергоблока ВВЭР 1200. Аппаратура контроля нейтронного потока (АКНП). Состав, размещение и функции АКНП. Программно-технический комплекс (ПТК) системы контроля, управления и диагностики (СКУД). Функции и первичные преобразователи СВРК. Структурная схема и состав ПТК СВРК. Информационно-измерительный комплекс аппаратуры «Гиндукуш». Состав и метрологические характеристики аппаратуры «Гиндукуш». Система внутришумовой диагностики ВРШД.

Раздел 4. Использование программируемых модулей для контроля параметров атомных и ядерных установок

Тема 4.1. Введение в программируемую логику. Программируемые матрицы логики (PAL). Введение в программируемую логику. Историческая справка. Классификация PLD. Основные свойства PLD. Общие

свойства PLD. Функциональные свойства PLD. Системные свойства PLD. Свойства проектирования. Недостатки PLD. Выбор архитектуры PLD.

Структура PAL. Обозначение PAL. Стандартные PAL (семейства PAL16R8 и PAL20R8). PAL с программируемой полярностью выходов (PAL18P8 и PAL22P10). Универсальные PAL (GAL). Эмулирующие универсальные PAL (PAL16V8, PAL20V8 и PAL24V8). Другие универсальные PAL (PAL22V10 и PAL26V12). Асинхронные PAL (PAL16RA8 и PAL20RA10). Семейство PALCE29M16. Семейства EP610, EP910 и EP1810. Семейство 5ACXXX.

Тема 4.2. Матричные таблицы (MAX-устройства). FLASH-логика. FLEX-устройства. Матричные таблицы (MAX-устройства). Структура и общее описание. Семейства MAX 5000. Семейства MAX 7000 и MAX 7000S. Семейства MAX 9000. Программные и аппаратные средства проектирования на основе MAX-устройств. *FLASH-логика.*

Общее описание. Функциональное описание. Конфигурация 24V10. Конфигурация SRAM. Блоки ввода-вывода. *Гибкая логика (FLEX-устройства).* Общее описание. Логический элемент. Режимы функционирования логических элементов. EAB - модуль. Каналы межсоединений. Элементы ввода-вывода. Программные и аппаратные средства проектирования на основе FLEX-устройств. Настройка FLEX-устройств.

Тема 4.3. Программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA). Общее описание. Блоки ввода-вывода. Настраиваемые логические блоки. Программируемые межсоединения. Настройка FPGA.

Тема 4.4. Применение языка VHDL при проектировании специализированных СБИС. Основные элементы языка VHDL. Виды представления описаний проектов в VHDL. Моделирование в VHDL. Первичная абстракция языка VHDL. Объект проекта, иерархия проекта, объявление объекта проекта, архитектурное тело, объявление конфигурации, объявление пакета, тело пакета, библиотека проекта, рабочая библиотека, библиотека ресурсов. Стили описания в VHDL. Поведенческий, потоковый и структурный стили описаний.

Лексические элементы и модели данных в VHDL. VHDL-описания комбинационных схем. Набор символов. Разделители и ограничители. Идентификаторы. Комментарии. Зарезервированные слова. Операторы IF, ELSE, ELSIF. Процессы. Сигналы. Список чувствительности процесса. Типы данных INTEGER, BIT, BIT_VECTOR. Особенности описания комбинационных схем с использованием VHDL в поведенческом, потоковом и структурном стилях на примере дешифратора. Функционально-логическое моделирование комбинационных схем.

Библиотека IEEE. Подключение пакета STD_LOGIC_1164. Оператор CASE. Параметризация проекта. Типы данных POSITIVE, NATURAL, STD_LOGIC и STD_LOGIC_VECTOR. Библиотека IEEE. Подключение пакета STD_LOGIC_1164. Оператор CASE. Параметризация проекта. Па-

раметры синтеза. Описание мультиплексоров и демультимплексоров с использованием VHDL в поведенческом, потоковом и структурном стилях.

Особенности описания и моделирования устройств, тактируемых фронтом синхроимпульса. Особенности описания и моделирования устройств, тактируемых фронтом синхроимпульса. Описание триггеров с использованием VHDL. Описание регистров с использованием VHDL. Массивные типы данных. Константы. Переменные. Создание пакетов. Объявление пакета. Тело пакета. Функции. Оператор цикла WHILE. Описание линий задержки с использованием VHDL. Описание и моделирование конвейерных схем с использованием VHDL.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы, занятия	Название темы занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов					Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	Семинарские занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Системы регистрации атомных и ядерных явлений в их историческом развитии							
1.1.	Предыстория атомной физики	2					1,2	
1.2.	Первые детекторы заряда	2					1	
1.3.	Детекторы заряда с электронной регистрацией	2					1	
1.4.	Другие детекторы	2				2	1,2	реферативная работа <i>по разделу 1</i>
2	Ядерный магнитный резонанс							
2.1.	Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР)	2					1 – 4	
2.2.	Связь магнитного и механического моментов электрона.	2					1 – 4	
2.3.	Эффект Зеемана.	2					1,3,4	
2.4.	Уравнение Блоха.	2				2	1 – 4	реферативная работа <i>по разделу 2</i>
3	Программно-технические комплексы для контроля технологических параметров ядерных энергетических установок на примере Белорусской АЭС							

3.1.	Физические основы контроля нейтронно-физических параметров ядерных энергетических установок.	2					9	
3.2.	Программно-технические комплексы АСУ ТП Белорусской АЭС.	2					6, 9	
3.3.	Комплекс средств автоматизации АСУ ТП АЭС-2006 с ВВЭР 1200.	2					5, 9	
3.4.	Программно-технический комплекс системы управления и защиты (СУЗ) энергоблока.	2					7, 8, 9	
3.5.	Программно-технический комплекс системы внутриреакторного контроля (СВРК) энергоблока ВВЭР 1200.	2				2	5, 8, 9	реферативная работа по разделу 3
4	Использование программируемых модулей для контроля параметров атомных и ядерных установок							
4.1.	Введение в программируемую логику. Программируемые матрицы логики (PAL)	2					11	
4.2.	Матричные таблицы (MAX-устройства). FLASH-логика. FLEX-устройства	2					11	
4.3.	Программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA)	2					12	
4.4.	Применение языка VHDL при проектировании специализированных СБИС. Основные элементы языка VHDL. Виды представления описаний проектов в VHDL. Моделирование в VHDL	2				2	17, 11 - 19	реферативная работа по разделу 4
	ИТОГО	34				8		Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. СПб.: Издательство «Лань», 2017. Т.1, стр.12-24
2. Капитонов И.М. Введение в физику атомного ядра и частиц. Изд. 5. испр. и доп. – М.: URSS, 2017. – 544 с.
3. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. - 2-е изд., перераб. и доп. – М., «Мир», 1981. – 448 с.
4. Орир Дж. Физика: учебник/ Джей Орир; пер. с англ. и научная редакция Ю. Г. Рудого и А. В. Беркова. – М., КДУ, 2010. – 752 с.
5. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС/ В.В.Зверков. – М.:НИЯУ МИФИ,2014.
6. Арнольдов, М.Н. Принципы построения АСУ ТП АЭС:учеб.пособие/ М.Н.Арнольдов. - Обнинск,2008.
7. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М.А.Ястребенецкий [и др.]. – Киев: Основа-Принт, 2011.
8. Комплекс средств автоматизации ТПТС-СБ / А.Д.Нариц [и др]// Доклады БГУИР, 2018.- №2.
9. Комар М.В. Информационные и сетевые технологии АСУ ТП АЭС: учебное пособие / М.В.Комар. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 223с.
10. Соловьев, В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем./ В.В.Соловьев.– М.: Горячая линия-Телеком, 2007.-636 с.
11. Грушвицкий Р.И. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики./ Р.И.Грушвицкий, А.Х.Мурсаев, Е.П.Угрюмов. - СПб.: БХВ-Петербург,2002.-608 с.
12. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника./ Е.П.Угрюмов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2001.-528 с.
13. Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. / Е.А. Суворова, Ю.Е. Шейнин. - СПб.: БХВ-Петербург,2003.- 576 с.
14. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы “ALTERA”: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры./ В.Б. Стешенко. - М.: Издательский дом, ДОДЕКА - XXI , - 2002.- 576 с.
15. Сергиенко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств./ А.М.Сергиенко. - К.: ЧП Корнейчук, ООО ТИД ДС , 2003.- 208 с.
16. Бибило П.Н. Основы VHDL языка./ П.Н.Бибило.- М.:Изд. Соломон-Р, 2000.-200 с.
17. Яновский, В.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу «ПЛИС в системах реального времени»./ В.П.Яновский.- МН.: БГУ, 2005.-28с.

18. Строганов А.В. Системное проектирование программируемых логических интегральных схем. Воронеж: ФГБОУВПО, 2012, 322с.
19. Комар М.В., Шляхтин В.В., Ямный В.Е., Яновский В.П. Электронные системы ядерных и физических установок: учебное пособие/М.В. Комар,. –Мн.: Изд-во «Вышэйшая школа 2013 – 320 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Krane K.S. Introductory Nuclear Physics. Wiley, 1988. Chapter 1; <http://www.fulviofrisone.com/attachments/article/446/Krane%20-%20Introductory%20Nuclear%20Physics.pdf> .
2. Фейнман Ф., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 1 (1 – 2). - 3-е изд. – М., «Мир», 1976. – 439 с.
3. 1.Слекеничс, Я.В. Системы контроля, управления и защиты АЭС: учеб.пособие / Я.В.Слекеничс. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010.
4. 2.Сорокин, В.В. Ядерные энергетические реакторы: учеб.-метод.комплекс/ В.В.Сорокин, С.М.Денисов. –Минск: БНТУ, 2016.
5. Стешенко, В.В. Школа разработки аппаратуры цифровой обработки сигналов на ПЛИС. Занятия 1_7./ В.В. Стешенко// Chip News. - 1999.- №7-С.23-28.
6. ПЛИС с архитектурой FPGA семейства Virtex™. Краткое техническое описание.-2001.
7. Мальцев П.П., Гарбузов Н.И., Шарапов А.П., Кнышев Д.А. Программируемые логические ИМС на КМОП-структурах и их применение./ П.П.Мальцев, Н.И.Гарбузов, А.П.Шарапов, Д.А.Кнышев.- М.: Энергоатомиздат, 1998.-235с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать 4 реферативные работы.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Контрольные мероприятия проводятся в письменной форме. Оценка каждого из контрольных мероприятий проводится по десятибалльной шкале.

В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время.

Оценка текущей успеваемости – O_T – определяются как средневзвешенное (с округлением до целого значения по общепринятым правилам) оценок, полученных за реферат. Рассчитывается по формуле: $O_T = (O_{РФ-1} +$

$(O_{РФ-2} + O_{РФ-3} + O_{РФ-4})/4$, где $O_{РФ}$ – оценка за реферативную работу. Для допуска к экзамену необходимо получить O_T минимум 4 (четыре).

Формой текущей аттестации по дисциплине «Контроль атомных и ядерных параметров физических установок» учебным планом предусмотрен экзамен.

Экзамен проводится в устной форме.

Итоговая (рейтинговая оценка) – $O_{И}$ – определяется как средневзвешенное значение оценки текущей успеваемости и оценки экзамена – $O_{Э}$ – по формуле $O_{И}=0,3 \cdot O_T + 0,7 \cdot O_{Э}$.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

По разделам 1-4 студенты пишут реферативные работы.

Примерные темы реферативных работ

1. Создание реакторов на быстрых нейтронах (Работы УФТИ и А. Лейпунского)
2. Первое в истории расщепление атомов лития (1932 СССР)
3. ЯМР-томография.
4. Спектроскопия ЯМР.
5. Назначение и функции ПТК второго уровня АСУ ТП Белорусской АЭС.
6. ПТК нормальной эксплуатации энергоблока – ТПТС-НТ.
7. ПТК обеспечения безопасности - ТПТС-СБ.
8. Система управления и защиты энергоблока.
9. Семейство CPLD третьего поколения MACH5 фирмы AMD.
10. Семейство MAX9000. Особенности применения MAX-устройств. Программные и аппаратные средства проектирования на основе MAX-устройств.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются **практико-ориентированный подход** и **метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**.

Это предполагает освоение содержание образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности; ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие пред-

принимательской культуры; использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций; приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач; анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Основой методики организации самостоятельной работы студентов является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодической отчетности по различным видам учебной и самостоятельной работы.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация: ● программа дисциплины с указанием основной и дополнительной литературы; ● график консультаций преподавателя; ● вопросы к экзамену ● сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности.

В случае необходимости, освоение части лекционного материала по отдельным темам и в объеме, определяемым решением кафедры, может быть организовано с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и привлечением электронных средств обучения. Организация занятий с привлечением электронных средств обучения ведется с помощью образовательного портала Физического факультета БГУ eduphys.bsu.by.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Элементарное уравнение кинетики теплового реактора.
2. Технологические системы энергоблока. Функции АСУ ТП АЭС.
3. Структура и состав АСУ ТП «АЭС-2006». Системы АСУ ТП АЭС.
4. Особенности Белорусской АЭС. Структурная схема АСУ ТП Белорусской АЭС.
5. Структурная схема комплекса средств автоматизации ТПТС-НТ. Функциональная схема комплекса ТПТС-НТ.
6. Структурная схема четырехканальной СУЗ.
7. Сетевой программно-технический комплекс СГИУ.
8. Аппаратура контроля нейтронного потока.
9. Структурная схема четырехканальной УСБ на основе ТПТС-СБ.
10. Структурная схема СВРК.
11. Античный Атомизм. Определение
Предыстория атомной физики: учение об атомах в 17—19 вв.
12. Открытие А. Беккерелем радиоактивности. Описание его наблюдений

13. Эксперимент Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Открытие атомного ядра.
14. Версориум Жильберта, электроскоп, спинтарископ
15. Сцинтилляторы. ФЭУ, принцип работы, схема включения.
16. Эмульсионные детекторы. Камера Вильсона. Диффузионная камера
17. Эмульсионные детекторы Пузырьковая камера.
18. Искровая камера. Стримерная камера Многопроволочная пропорциональная камера.
19. Дрейфовая камера.
20. БАК, Мюонный детектор MICROMEGAS
21. Понятие резонанс.
22. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент петлевого тока.
23. Катушка Гельмгольца.
24. Связь магнитного и орбитального моментов электрона (нуклона).
25. Прецессия дипольного магнитного момента в однородном магнитном поле.
26. Частота Лармора. G-Фактор Ланде.
27. Эффект Зеемана. Тонкая и сверхтонкая структуры спектральных линий атома.
28. Уравнения Блоха.
29. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация.
30. Импульсные методы ЯМР.
31. Какие существуют варианты разработки специализированных интегральных схем?
32. В чём заключаются достоинства и недостатки программируемых микросхем по сравнению с заказными и полужаказными?
33. В чём различие ПЛИС типа FPGA и типа CPLD?
34. Какие существуют методы перепрограммирования ПЛИС?
35. Из каких блоков состоит ПЛИС типа CPLD? Как устроена матрица межсоединений?
36. Что представляют из себя функциональные блоки CPLD?
37. Что представляют из себя логические ячейки (LUT) FPGA?
38. В чём отличие LUT от КЛБ CPLD?
39. Как устроена матрица межсоединений у FPGA, в чём отличие от используемой в CPLD?
40. Укажите преимущества и недостатки FPGA по сравнению с CPLD.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Не требуется			Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № ____ от _____.200__

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____/____ 2020 ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
ядерной физики
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

ядерной физики

к.ф.-м.н., доцент

_____ А.И. Тимошенко

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ

к.ф.-м.н., доцент

_____ М.А. Тиванов