|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  Озерский технологический институт -  филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  (ОТИ НИЯУ МИФИ) | | | |
|  | | |
| УТВЕРЖДАЮ  Директор  И. А. Иванов  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020\_\_ | | |
| РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ | | |
| Ядерно-физические измерения | | |
| (наименование дисциплины ) | | |
|  | | |
| Направление подготовки (специальность): | 12.03.01 Приборостроение | |
|  |  | |
| Профиль подготовки: | Программное обеспечение и информационно-измерительные технологии в приборостроении | |
|  |  | |
| Наименование образовательной программы: | Программное обеспечение и информационно-измерительные технологии в приборостроении | |
|  |  | |
| Квалификация (степень) выпускника: | бакалавр |  |
| (бакалавр, магистр, специалист) |  |
|  |  | |
| Форма обучения: | очная |  |
| (очная, очно-заочная (вечерняя), заочная) |  |

г. Озерск, 2022 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Семестр | Трудоемкость.,  кр. | Общий  объем курса,  час. | Лекции,  час. | Практич.  занятия,  час. | Лаборат.  работы,  час. | СРС,  час. | Контроль,  час. | Интер.,  час. | Форма  Контроля,  Экз./зачет |
| 8 | 3 | 108 | 32 | 16 | 16 | 44 |  |  | зачёт |

**Аннотация программы курса "Ядерно-физические измерения"**

Рабочая программа дисциплины «Ядерно-физические измерения» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования НИЯУ МИФИ, утвержденного решением Ученого совета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) (протокол № 18/09 от 10.12.2018 г.), актуализирован решением Ученого совета НИЯУ МИФИ (протокол № 21/11 от 27.07.2021)., и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Программное обеспечение и информационно-измерительные технологии в приборостроении» по направлению 12.03.01 Приборостроение

Ядерно-физические измерения являются одним из основных направлений прикладной ядерной физики, которое активно используется в области медицины, энергетики, анализа вещества, геофизики, экологии, дозиметрии. Знания по данной специальности расширяют возможности бакалавров найти свое практическое применение в науке и производстве.

1. **Цели освоения дисциплины**

Целями освоения учебной дисциплины физика являются

- формирование личности студентов, развитие их интеллекта и способностей к логическому мышлению;

- знание сущности физических законов и явлений, умение истолковать физический смысл величин и понятий, а также умение применять теоретический материал к решению задач, используя стандартный математический аппарат;

- умение проводить простейшие эксперименты и измерения физических величин, анализировать результаты экспериментов, оценивать точность полученных результатов;

- выработка навыков самостоятельного изучения литературы по физике.

1. **Место дисциплины в структуре ООП**

Учебная дисциплина «Ядерно-физические измерения» входит в общеквалификационный модуль цикла дисциплин ФГОС ВПО по направлению подготовки «Приборостроение».

Дисциплина «Ядерно-физические измерения» базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении дисциплин: «Физика», «Математика», «Электротехника и электроника» и др. В ней рассматриваются современные методы измерения радиоактивных излучений, обеспечивающих контроль технологических процессов, безопасность управления производственными процессам, учет и контроль ядерных материалов и т.д.

1. **КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Данная дисциплина участвует в формировании следующих профессиональных компетенций:

* способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения, владение культурой мышления (ОК-1);
* способность логически, верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, создавать тексты профессионального назначения (ОК-2);
* способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1);
* способность собирать и анализировать научно-техническую информацию, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности (ПК-2);
* способность проводить исследования, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ПК-4);
* способность участвовать в технологической подготовке производства приборов различного назначения и принципа действия (ПК-15);
* способность проводить измерения и исследования по заданной методике с выбором средств измерений и обработкой результатов (ПК-25);
* готовность составлять описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, собирать данные для составления отчетов, обзоров и другой технической документации (ПК-26).

В результате изучения базовой части цикла студент должен:

***знать:***

* основные понятия о возникновении, характеристиках ядерных излучений;
* основные понятия о взаимодействии ядерных излучений с веществом;
* устройство и принцип действия основных типов детекторов ядерных излучений;
* основные принципы построения систем регистрации ядерного излучения;
* влияние ядерных излучений на безопасность человека и окружающую среду;
* основные методы контроля технологических процессов радиохимических производств по испускаемому технологическими средами ядерному излучению;
* особенности монтажа приборов на технологическом оборудовании.

***уметь:***

* формулировать требования к средствам и оборудованию контроля ядерных излучений;
* составлять несложные схемы измерения ядерных излучений;
* подбирать необходимые приборы для контроля технологических процессов, радиационной обстановки и содержания делящихся веществ в технологических средах и готовой продукции;
* снимать показания приборов и оценивать достоверность информации;
* устанавливать работоспособность средств контроля и регулирования.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

1. **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ** 
   1. **Структура разделов дисциплины:**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **3** кредитов, **108** часов.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Название дисциплины | **Ядерно-физические измерения** | | | |
| 2 | Семестры | 8 | | | |
| 3 | Объём часов | всего | аудиторных | сам. работа | контроль |
| 108 | 64 | 44 |  |
| 4 | Распределение числа часов по семестрам и видам занятий | лекции | лаб. работы | пр. занятия | контроль |
| 32 | 16 | 16 |  |
| 5 | Форма отчётности | Зачёт (8) | | | |
| 6 | Трудоёмкость (в ЗЕТ) | 3 | | | |
| 7 | В интерактивной форме (час.) |  | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел учебной дисциплины | | Недели | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах) | | | | Текущий контроль успеваемости *(неделя, форма)* | Аттестация раздела *(неделя, форма)* | Максимальный балл за раздел \* |
| Лекции | Практ. занятия/семинары | Лаб. работы | СРС |
| 8 семестр (3 з.е.) | | | | | | | | | | |
| 1 | Введение | | 1 | 1 |  |  | 4 | семинар |  | 2 |
| 2 | Ионизирующее излучение | | 2-3 | 5 | 2 |  | 8 | семинар |  | 14 |
| 3 | Детекторы ионизирующего излучения | | 4-5 | 7 | 4 | 4 | 8 | семинар, | приём ДЗ, приём ЛР | 20 |
| 4 | Приборы контроля ионизирующего излучения | | 6-7 | 8 | 4 | 4 | 8 | семинар  тест | приём ДЗ  КР по разд. 3 | 6 |
| 5 | Погрешности измерений | | 8-9 | 5 | 3 | 4 | 8 | семинар,  тест | приём ДЗ,  приём ЛР | 4 |
| 6 | Контроль над ядерными материалами | | 10-11 | 5 | 3 | 4 | 8 | семинар | приём ДЗ  КР по разд. 5-6 | 4 |
| Итого 108 ч за семестр: | | |  | 32 | 16 | 16 | 44 |  |  | 50 |
|  | | Зачет | | | | | | | | 50 |
|  | | Итого макс. балл: | | | | | | | | 100 |

* 1. **Содержание разделов дисциплины**
  2. ***Введение****.*

Краткая характеристика дисциплины. Цели изучения дисциплины. Место дисциплины в учебном процессе.

* 1. ***Ионизирующее излучение***

Строение атомного ядра, энергия связи ядра, закон радиоактивного распада, возникновение ядерных излучений в процессах α-, β-распада, испускание ядрами γ-излучения, рентгеновского характеристического излучения и нейтронов. Механизм возникновения конверсионных и Оже-электронов.

Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. Потери энергии заряженными частицами на ионизацию и возбуждение атомов. Взаимодействие фотонов с веществом: фотоэффект, Комптон-эффект, эффект образования пар, К-захват. Взаимодействие нейтронов с веществом. Пробег α-, β-излучения в воздухе и веществе.

* 1. ***Детекторы для регистрации ионизирующего излучения*.**

Газонаполненные детекторы ионизационного типа. Счетная характеристика газового детектора, виды разряда в ионизационных детекторах. Принципы работы и основные характеристики ионизационных камер, газовых пропорциональных счетчиков, счетчиков Гейгера-Мюллера. Конструкция газовых детекторов.

Сцинтилляционные детекторы. Основные свойства органических, неорганических, жидких сцинтилляторов, механизм высвечивания, роль активатора и центров люминесценции. Фотоэлектронные умножители.

Полупроводниковые детекторы.

Регистрация нейтронов. Ядерные реакции, используемые для регистрации нейтронов. Детекторы нейтронов: ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, всеволновый счетчик нейтронов, сцинтилляционные счетчики нейтронов, камера деления, спектрометрия нейтронов. Метод нейтронных совпадений для определения содержания делящихся веществ. Активационный метод радиоактивных индикаторов.

* 1. ***Приборы контроля ионизирующего излучения***

Наиболее важными параметрами приборов для целей ядерно-физических измерений являются: энергетическая зависимость чувствительности детектора, эффективность регистрации излучения, избирательность, уровень собственного шума, форма, амплитуда и длительность импульса, разрешающая способность прибора.

* 1. ***Погрешности измерений***

Статистический характер радиоактивного распада, погрешность определения скорости счета частиц ионизирующего излучения. Распределения Пуассона, нормальное распределение Гаусса.

Случайные и систематические составляющие погрешности измерения ядерных излучений.

* 1. ***Контроль над ядерными материалами.***

Категории ядерных материалов. Требования к точности и периодичности проведения контрольных измерений. Неразрушающие методы анализа ядерных материалов. Стандартные образцы. Гамма-спектрометрические НРА. Нейтронные НРА.

Определение ЯМ в растворах, отходах и отложениях в оборудовании основанные на измерениях гамма-излучения. Контроль растворов. Контроль отходов. Контроль отложений.

Основы нейтронных измерений. Счётчики нейтронов. Счёт нейтронных совпадений.

Физические основы калориметрического анализа ЯМ. Погрешность калориметрического анализа.

Измерения выгорания ядерного топлива.

1. **Содержание практических занятий:**
   1. Физические и дозиметрические характеристики поля ионизирующего излучения.
   2. Физические характеристики ионизационных детекторов: ионизационная камера, счётчики (пропорциональные, Гейгера Мюллера).
   3. Характеристики сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов. Измерение нейтронного излучения.
   4. Основы гамма-спектрометрического методов анализа материалов.
   5. Статистическая обработка результатов ядерно-физических измерений.
   6. Инструментальные методы контроля над ядерными материалами.
   7. **Содержание лабораторных работ**

* Измерение суммарной альфа-активности при помощи сцинтилляционного альфа-радиометра.
* Измерение активности альфа-излучающих нуклидов альфа-радиометром «Прогресс-АР».
* Определение максимальной энергии бета-излучения
* Измерение альфа-спектров с использованием полупроводникового альфа-спектрометра «МУЛЬТИРАД-АС

1. **Образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины «Ядерно-физические измерения» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (64 часа). Занятия проводятся в форме лекций, практических (семинарских) занятий, выполнения лабораторных работ. Для контроля усвоения разделов данного курса каждый студент выполняет два индивидуальных домашних задания, в виде презентации. При защите лабораторных работ проводится собеседование и опрос в устной форме.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам с использованием рекомендуемой литературы, выполнение индивидуальных домашних заданий.

1. **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются контрольные задания, а также индивидуальные домашние задания.

Контрольные работы проводятся в соответствии с пройденным материалом на 5 и 10 неделях.

**Темы домашних индивидуальных заданий:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименования темы домашнего задания | Форма отчетности |
|  | Возникновение α, β, γ-излучений при радиоактивном распаде ядер, нейтронное излучение, тормозное, рентгеновское характеристическое излучение, конверсионные и Оже-электроны, основные свойства ядерных излучений | Презентация |
|  | Взаимодействие заряженных частиц с веществом, потери энергии на возбуждение и ионизацию атомов, формула Бете-Блоха | Презентация |
|  | Процессы взаимодействия γ-излучения с веществом, регистрация гамма-излучения, аппаратурная линия гамма-спектра | Презентация |
|  | Газонаполненные детекторы ионизационного типа, счетная характеристика газового детектора, эффект газового усиления в пропорциональном счетчике, самостоятельный разряд, счетчики Гейгера-Мюллера, гашение разряда | Презентация |
|  | Основная схема включения детектора ядерного излучения, задача электронных цепей и устройств по формированию импульсов для регистрации излучения | Презентация |
|  | Основы нейтронных измерений. Счётчики нейтронов. Счёт нейтронных совпадений.  Физические основы калориметрического анализа ЯМ. Погрешность калориметрического анализа. | Презентация |
|  | Сцинтилляционные детекторы ядерного излучения, конструкция сцинтилляционного блока детектирования, фотоэлектронные умножители | Презентация |
|  | Полупроводниковые детекторы (ППД) ядерного излучения, носители заряда в ППД, формирование области, обедненной носителями зарядов в различных типах детекторов | Презентация |
|  | Категории ядерных материалов. Требования к точности и периодичности проведения контрольных измерений | Презентация |
|  | Неразрушающие методы анализа ядерных материалов. Стандартные образцы. Гамма-спектрометрические НРА. Нейтронные НРА. | Презентация |
|  | Статистический характер радиоактивного распада, распределение Пуассона и Гаусса, дисперсия, относительное СКО результата измерения, анализ выборки на пригодность к совместной обработке, доверительные погрешности анализа | Презентация |

1. **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**
   1. **Основная литература**
2. В.И. Калашникова, М.С. Козодаев. Детекторы элементарных частиц. – М.: изд-во «Наука», 1966.
3. И.Н. Бекман, Измерение ионизирующих излучений. МГУ. М. 2006.
4. В.В. Фролов. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. – М.; Энергоатомиздат, 1989.
5. Бушуев А.В. Методы измерения ядерных материалов: Учебное пособие. М. МИФИ, 2007.– 276 с.
6. Ядерная физика и её приложения: учебное пособие /Н.К. Рыжакова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 270 с
7. Стогов Ю.В. Основы нейтронной физики: Учебное пособие. - М.:

МИФИ, 2008. – 204 с

* 1. **Дополнительная литература**

1. Электронные ресурсы: <http://profbeckman.narod.ru/radiometr.htm>
2. К.Н. Мухин. Введение в ядерную физику. – М.; Атомиздат, 1965.
3. Прайс. Регистрация ядерного излучения. – М.; Изд-во Иностранной литературы, 1960.
4. **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ БЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**
5. Проектор для лекционных и семинарских занятий.
6. Лабораторный класс.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО для подготовки бакалавров по направлению подготовки \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* «Приборостроение», профиль «Программное обеспечение и информационно-измерительные технологии в приборостроении» (ОФО).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Автор: | В.Л. Кириллов, преподаватель кафедры ЭиА ОТИ НИЯУ МИФИ, к.т.н. | |
| Рецензент(ы): | | Е.Г. Изарова, доцент кафедры ЭиА ОТИ НИЯУ МИФИ, к.т.н. |

Программа одобрена на заседании Методического совета института протокол № \*\* от \*\*. \*\*. \*\*