

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФТИ

 О.Ю. Долматов

«25» 02 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)
Методы измерения ядерных материалов и полей ионизирующих
излучений**

Направление (специальность) ООП 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»

Номер кластера (для унифицированных дисциплин) _____

Профиль подготовки (специализация, программа)

Ядерно-технический контроль и регулирование

Квалификация (степень) магистр

Базовый учебный план приема 2016 г.

Курс 2 семестр 3

Количество кредитов 6

Код дисциплины М1.ВМ4.3.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	64
Самостоятельная работа, ч	152
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации ЭКЗАМЕН, ДИФ. ЗАЧЕТ в 3 семестре


Обеспечивающее подразделение

кафедра Физико-энергетических установок ФТИ

Заведующий кафедрой

 Долматов О.Ю.

Преподаватель

 Колпаков Г.Н.

2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ
_____ О.Ю. Долматов
« ___ » _____ 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)
Методы измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений

Направление (специальность) ООП 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»
Номер кластера (для унифицированных дисциплин) _____
Профиль подготовки (специализация, программа)
Ядерно-технический контроль и регулирование
Квалификация (степень) магистр
Базовый учебный план приема 2016 г.
Курс 2 семестр 3
Количество кредитов 6
Код дисциплины М1.ВМ4.3.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	64
Самостоятельная работа, ч	152
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации ЭКЗАМЕН, ДИФ. ЗАЧЕТ в 3 семестре

Обеспечивающее подразделение

кафедра Физико-энергетических установок ФТИ

Заведующий кафедрой _____ Долматов О.Ю.

Преподаватель _____ Колпаков Г.Н.

2016 г.

1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Цели освоения дисциплины являются:

- подготовка выпускника к научно-исследовательской работе и творческой инновационной деятельности в области ядерно-технического контроля и регулирования, обеспечения радиационной и ядерной безопасности;
- подготовка выпускников к производственно-технологической и инжиниринговой деятельности, обеспечивающей внедрение и эксплуатацию новой продукции, наукоемких разработок и технологий в области ядерно-технического контроля и регулирования, технологий радиационной безопасности, конкурентоспособных на мировом рынке;
- подготовка выпускников к проектной деятельности в области ядерно-технического контроля и регулирования;
- подготовка выпускников к организационно-управленческой и экспертной деятельности;
- подготовка выпускников к педагогической и деятельности

2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина (модуль) «Методы измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений» относится к вариативной части ООП по направлению **14.04.02 Ядерная физика и технологии**

Дисциплине предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Ядерная физика,
- Основы безопасности критических технологий,

Содержание разделов дисциплины (модуля) «Ядерная физика» согласовано с содержанием дисциплины, изучаемой параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Материалы ядерных установок и специальные расщепляющиеся материалы

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 ПК-1,2, 3,	З1.1 0	методов измерения	У1.1 0	применять методы	В1.1 0	навыками выбора и

6, ОК-1,3		ядерных материалов и полей ионизирующих излучений		измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений в профессиональной деятельности.		применения методов измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений
Р2 ПК-12,13,16, 17, 18, ОК-2, 3 ...	32.1	Основных методов применения законов ядерной физики для выбора методов измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений	У2.1	Применять основные законы ядерной физики для постановки измерений ядерных материалов и полей ионизирующих излучений	В2.1	Навыками решения инновационных инженерно-физических задач, реализации проектов в области организации измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений
Р3 ПК-4,16, 25, ОК-3, 4	33.1	теоретических, физических и математических моделей, описывающих процессы ядерно-физических измерений.	У3.1	Применять теоретические, физические и математические модели в профессиональной деятельности.	В3.1	Создания теоретических, физических и математических моделей в профессиональной деятельности.
Р4 ПК-5, 7, 9, 11, ОК-3, 4	34.1	новых алгоритмов и методов измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений	У4.1	Разрабатывать алгоритмы и методы измерений характеристик полей ионизирующих излучений	В4.1	Владения практических методов и алгоритмов измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений

		излучений				излучений
P5 8, 10, 14, 15, ОК-3, 4	35.1	перспективы развития атомной энергетики	У5.1	анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий.	В5.1	Разработки мер по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности
P8 ПК-19-24, 26	38.1	Основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации.	У8.1	Самостоятельн о учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональ ной деятельности.	В8.1	Обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей ее достижения.

В результате освоения дисциплины (модуля) «Ядерная физика» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов.
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов.
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки

	количественных характеристик ядерных материалов; измерения радиоактивности объектов окружающей среды.
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Физические основы методов измерения ионизирующих излучений.

Преобразование энергии ионизирующих излучений в веществе. Эффекты, приводящие к образованию сигналов. Основные характеристики детекторов ионизирующих излучений. Характеристики полей ионизирующих излучений. Прикладная статистика в измерениях.

Перечень лабораторных работ по разделу:

1. Изучение характеристик β -спектра
2. Определение активности радиоактивных изотопов с использованием бета-спектрометрического комплекса БЕТА-1С.

Раздел 2. Методы и приборы измерения полей ионизирующих излучений.

Ионизационный метод. Ионизационные камеры. Газоразрядные счетчики. Полупроводниковые детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Спектрометрия ионизирующих излучений. Качественная и количественная идентификация ядерных материалов.

Перечень лабораторных работ по разделу:

3. Градуировка сцинтилляционного спектрометра гамма-излучения «Гамма-1С» по энергии.
4. Определение активности радиоактивных изотопов с использованием сцинтилляционного спектрометра гамма-излучения «Гамма-1С».
5. Взаимодействие γ -излучения с веществом

Раздел 3. Ядерно-физические методы контроля ядерных материалов.

Методы регистрации нейтронов. Методы регистрации собственных и индуцированных излучений делящихся материалов. Регистрация нейтронных совпадений. Калориметрия ядерных материалов.

Перечень лабораторных работ по разделу:

6. Определение активности радиоактивных изотопов с использованием бета- спектрометрического комплекса БЕТА-1С.

7. Измерение плотности нейтронных потоков активационными детекторами.

8. Абсорбционный метод определения максимальной энергии бета-спектра радионуклида

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Ядерная физика» применяются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

Методы	ФОО	Лекц.	Лабор. занятия	Пр. зан./ сем.,	Тр.*, Мк**	СРС	К. пр.***
IT-методы		*					
Работа в команде			*			*	
Case-study		*		*			
Игра							
Методы проблемного обучения						*	
Обучение на основе опыта			*	*		*	
Опережающая самостоятельная работа		*		*		*	
Проектный метод							
Поисковый метод			*	*		*	
Исследовательский метод			*			*	
Другие методы							

* – Тренинг, ** – мастер-класс, ***– командный проект

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

6.1 Текущая СРС, направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений.

СРС включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- опережающая самостоятельная работа;
- перевод текстов с иностранных языков;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным, практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к экзамену.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов. Данный вид СРС включает:

- поиск и анализ литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- перевод текстов с иностранных языков;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме.

Внеаудиторная работа студентов состоит в проработке лекционного материала, подготовке к практическим занятиям подготовке к теоретическому коллоквиуму.

6.2 Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы выносимые на самостоятельную работу:

1. Дозиметрические характеристики полей ионизирующих излучений.
2. Люминесцентный метод регистрации.
3. Конструктивные особенности ионизационных детекторов.
4. Фотографический метод регистрации ионизирующих илучений.
5. Ионизационные потери заряженных частиц.
6. Энергетические схемы радиоактивных распадов.
7. Энергетическая зависимость чувствительности детекторов.
8. Особенности взаимодействия α - излучения с веществом.
9. Распределение нейтронов по группам энергий.
- 10.Активационные детекторы нейтронов.
- 11.Естественные и техногенные источники ионизирующих излучений..
- 12.Замедление нейтронов.
- 13.Нейтронная спектроскопия.
- 14.Закономерности взаимодействия фотонного излучения с веществом.
- 15.Основные направления развития современной атомной энергетики.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется в виде промежуточного контроля два раза в семестр. как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Контроль со стороны преподавателя осуществляется в виде коллоквиумов, контрольных работ и на экзамене..

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Контрольная работа	1,2
Коллоквиум	2,3
Выполнение и защита лабораторных работ	1-3
Выполнение практических заданий	1-3
Подготовка и защита рефератов	1-3
Экзамен	1-3

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства

7.1 Вопросы текущего контроля

1. Преобразование энергии ионизирующих излучений в веществе.
2. Эффекты, приводящие к образованию сигналов.
3. Основные характеристики детекторов ионизирующих излучений.
4. Характеристики полей ионизирующих излучений.
5. Рабочая характеристика детектора.
6. Мертвое время детектора.
7. Энергетическое разрешение. Определение. Физический смысл.
8. Закономерности альфа-распада. Энергетический спектр частиц.
9. Закономерности бета-распада. Энергетический спектр частиц.
- 10.6. Закономерности гамма распада. Энергетический спектр квантов.
- 11.7. Статистическая погрешность измерений.
12. Принцип действия полупроводниковых детекторов.
13. Вольтамперная характеристика ионизационных приборов.
14. Виды спектрометрических детекторов.
15. Принципы регистрации нейтронов.
16. Типы и характеристики сцинтилляторов.
17. Основные аналитические линии ядерных материалов.
18. Принцип качественной и количественной идентификации ядерных материалов на основе спектрометрических измерений.

7.2 Примеры заданий на практические занятия.

1. Определить число фотонов в световом импульсе, создаваемом в кристалле фосфора NaI (Т1) релятивистским протоном, если энергия, теряемая протоном в кристалле, равна 2МэВ, а эффективность и средняя длина волны спектра излучения равны соответственно 0,084 и 410 нм.
2. Сцинтилляционные счетчики используются как для регистрации заряженных частиц, так и для регистрации рентгеновских и γ -лучей. Определить эффективность регистрации сцинтилляционным счетчиком γ -квантов, если эффективность регистрации заряженных частиц равна 100% (d — толщина счетчика, μ — коэффициент поглощения γ -квантов в кристалле).
3. Вследствие относительно большой плотности ($\rho = 3,67$ г/см³), а также вследствие относительно большого атомного номера иода ($Z = 53$) кристаллы фосфора NaI (Т1) особенно удобны для регистрации рентгеновских и γ -лучей. Какова интенсивность потока γ -квантов N_γ , если в кристалле NaI (Т1) толщиной d — 2 см за 1 мин возникает 240 световых импульсов? Коэффициент поглощения фотонов μ в кристалле равен $0,126$ см⁻¹.
4. Определить амплитуду импульса напряжения на выходе фотоумножителя при прохождении через антраценовый кристалл быстрых электронов, если известно, что каждый электрон теряет при этом 2,5 МэВ, а на фотокатод умножителя попадает около 70% от образовавшихся в кристалле фотонов. Эффективность фотоумножителя $S_f = 0,05$.
5. Через счетчик Гейгера-Мюллера проходит 10^8 электронов за один разряд. Вычислить средний ток, проходящий через счетчик, если происходит 600 разрядов в минуту.
6. Найти амплитуды импульсов напряжения от пропорционального счетчика при прохождении через него: а) α -частицы с энергией 3,5МэВ, б) быстрого электрона. Счетчик имеет диаметр $d = 2,2$ см и наполнен аргоном при давлении 100 ммрт.ст. Удельная ионизация быстрыми электронами в аргоне — 70 пар ионов на 1 см при давлении 1 атм. Пробег α -частицы в аргоне — 1,9см. Средняя энергия образования одной пары ионов — 25,4 эВ. Коэффициент газового усиления счетчика $A = 10^4$. Емкость нити $C = 15$ пФ.

У к а з а н и е . Средний путь, проходимый α -частицами в счетчике, равен 1,7см; средний путь, проходимый электроном, определяется по формуле $l = \pi d / 4$.

7. Счетчик срабатывает 1000 раз в секунду. Разрешающее время счетчика равно $2 \cdot 10^{-4}$ с. Найти истинную частоту исследуемого события.

7.3 Вопросы, выносимые на экзамен.

1. Преобразование энергии ионизирующих излучений в веществе. Эффекты, приводящие к образованию сигналов.
2. Основные характеристики детекторов ионизирующих излучений.
3. Характеристики полей ионизирующих излучений.
4. Ионизационный метод регистрации.
5. Сцинтилляционный метод регистрации излучений.
6. Спектрометрия излучений. Энергетическое разрешение. Определение. Физический смысл.
7. Закономерности альфа-распада. Энергетический спектр частиц.
8. Закономерности бета-распада. Энергетический спектр частиц.
9. 6.Закономерности гамма распада. Энергетический спектр квантов.
- 10.7. Статистическая погрешность измерений.
11. Принцип действия полупроводниковых детекторов.
12. Вольтамперная характеристика ионизационных приборов.
13. Виды спектрометрических детекторов.
14. Принципы регистрации нейтронов.
15. Типы и характеристики сцинтилляторов.
16. Основные аналитические линии ядерных материалов.
17. Принцип качественной и количественной идентификации ядерных материалов на основе спектрометрических измерений.
18. Контроль ядерных материалов по собственным излучениям.
19. Регистрация нейтронов спонтанного деления.
20. Калориметрия ядерных материалов.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

- 1 Ляпидевский В.К. Методы детектирования излучений: Учеб. Пособие для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 1987. – 408 с.: ил.
- 2 Фролов В.В. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 3 Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. – 3-е изд. М.: Энергоатомиздат. 1985 – 488 с.: ил.

Дополнительная

- 1 Панов Е.А. Практическая гамма-спектрометрия на атомных станциях. – М.: Энергоатомиздат. 1990. – 200 с.: ил.
- 2 Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике./ Ю.К. Акимов, О.В. Игнатов, А.И. Калинин, В.Ф. Кушнирук. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 344 с.:ил.
- 3 В.В. Кашковский. Специальный физический практикум. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.-404 с. (pdf 4.9 МБ)
- 4 Н.Г. Волков, В.А Христофоров, Н.П. Ушакова Методы ядерной спектрометрии. – М.: Энергоатомиздат. 1990.
- 5 Ломакин С.С. Ядерно-физические методы диагностики и контроля активных зон реакторов АЭС: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1986. – 120 с.: ил.
- 6 Беспалов В.И. Основы взаимодействия излучения с веществом: учебное пособие.- Томск: Изд-во ТПУ, 2003.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

<http://www.iaea.org/>
<http://www.inmm.org/>
<http://irmm.jrc.be/>
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
<http://www.lib.tpu.ru/>
<http://world-nuclear.org/>

Используемое программное обеспечение:

1. Программное обеспечение «LSRM2000».
2. Программное обеспечение «ASW»

При проведении лекционных и практических занятий используется корпоративная сеть НИ ТПУ, проектор EPSON-EB 9254 – 2 шт., компьютер. Учебно-лабораторные установки на основе спектрометрических комплексов «АСПЕКТ», «РАДЭК», «CANBERRA», детекторов ионизирующих излучений.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лекционная ауд., оснащенная ТСО	10 корп., ауд. 313
2	Учебная лаборатория	10 корп., ауд. 248
3	Учебная лаборатория	10 корп., ауд. 318

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Программа одобрена на заседании кафедры ФЭУ ФТИ (протокол № 85 от «24» февраля 2016 г.).