

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д.Сахарова»
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
по учебной и воспитательной работе
МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ


В.И.Красовский
2016 г.

Регистрационный № УД-06-17/15-16 /уч. зр.
от 18.10.16

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Физика ядра и ионизирующего излучения»

специальности переподготовки

1-33 01 71 «Радиационная защита и обеспечение безопасности источников
ионизирующего излучения»

(квалификация: специалист по радиационной безопасности)

в соответствии с типовым учебным планом переподготовки,
утвержденным 31.08.2016 рег. № 25-13/189

Минск, 2016

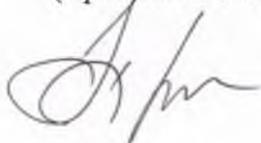
Разработчик программы:

А.И.Тимошенко, доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности,
кандидат физико-математических наук, доцент

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности учреждения образования
«Международный государственный экологический институт имени
А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета
(протокол № 1 от 3.08.16)

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный
государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова»
Белорусского государственного университета
(протокол № 1 от 18.10.2016)



ВВЕДЕНИЕ

Программа дисциплины «Физика ядра и ионизирующего излучения» предназначена для слушателей специальности переподготовки 1-33 01 71 «Радиационная защита и обеспечение безопасности источников ионизирующего излучения» (150 часов).

Изучение данной дисциплины связано с необходимостью систематизации знаний слушателей по физическим основам радиационной защиты, формирования современных научных представлений о структуре материи на атомном и ядерном уровнях, ознакомления с основными физическими явлениями, возникающими при взаимодействии ионизирующего излучения с веществом.

Целью дисциплины является ознакомление слушателей с основными сведениями из физики атомного ядра и взаимодействия ионизирующего излучения с веществом с целью дальнейшего применения при решении задач радиационной безопасности.

Задачи дисциплины:

- закрепить базовые представления о строении ядра, ядерных реакциях и реакциях с участием элементарных частиц;
- дать основы представлений о радиоактивных превращениях;
- изучить физическую природу источников ионизирующего излучения;
- выработать базовые навыки изучения ядерных явлений и обработки ядерных данных.

Методы и средства обучения: к основным методам и средствам реализации курса можно отнести такие, как освоение новой теории посредством чтения лекционного курса, проведение практических занятий для привития базовых расчетных навыков, проведения лабораторных занятий для экспериментального изучения основных закономерностей ядерной физики и взаимодействия ионизирующего излучения с веществом.

Слушатели должны знать:

- фундаментальное строение материи и применять эти знания к обоснованию простейших ядерных моделей, закона радиоактивных превращений, важнейших механизмов ядерных реакций и превращений;
- природу радиоактивных превращений и статистический характер взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- основные подходы к классификации видов ионизирующего излучения;
- физические принципы генерации ионизирующего излучения в источниках различного типа;
- основные характеристики источников ионизирующего излучения и их математическое описание для источников различных геометрий;
- основные характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом (линейная передача энергии (далее – ЛПЭ) и пробеги заряженных частиц в веществе; средняя длина свободного пробега и др.);

– принципы построения различных классификаций нейтронного излучения по энергиям и уметь применять ее при решении задач.

Слушатели должны уметь:

– решать важнейшие задачи кинематики реакций частиц ионизирующего излучения с атомами вещества и применять эти решения к описанию особенностей взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;

– качественно описывать физические процессы, происходящие при прохождении ионизирующего излучения через вещество.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 150. Количество аудиторных часов – 110. Из них: лекций – 52, практических занятий – 34, лабораторных занятий – 24.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Тема 1. Введение в структуру атома и атомного ядра

Фундаментальная структура материи. Частицы и поля. Кварки и лептоны. Мезоны. Адроны. Особенности взаимодействия кварков. Строение атома и атомного ядра. Периодический закон. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Характеристическое рентгеновское излучение. Электроны Оже. Тормозное рентгеновское излучение.

Тема 2. Ядерные реакции

Ядерные реакции и превращения. Кинематика ядерных реакций и превращений. Энергия связи ядра. Механизмы ядерных реакций и радиоактивных превращений. Понятие о микроскопическом сечении реакции. Сечение упругого рассеяния. Формула Резерфорда. Основные закономерности поведения микроскопических сечений для заряженных и нейтральных частиц при низких энергиях. Ядерные модели.

Тема 3. Радиоактивность

Виды радиоактивности. Закон радиоактивного превращения. Активность радионуклида. Цепочки радиоактивных превращений. Переменное равновесие. Вековое равновесие.

Тема 4. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом

Взаимодействие быстрых заряженных частиц с веществом в области кинетических энергий от 100 кэВ до нескольких десятков МэВ. Тормозная способность вещества и ЛПЭ. Пробег заряженных частиц в веществе. Виды пробега. Излучение Черенкова. Взаимодействие фотонного ионизирующего излучения с веществом в диапазоне энергий от 10 кэВ до нескольких десятков МэВ. Взаимодействие нейтронов с веществом. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом в различных диапазонах их кинетических энергий. Различные подходы к классификации ионизирующего излучения. Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. ЛПЭ косвенно ионизирующего излучения. Закон ослабления узкого пучка. Линейный коэффициент ослабления (макроскопическое сечение) и средняя длина свободного пробега частиц ионизирующего излучения. Линейный энергетический коэффициент взаимодействия и линейный коэффициент передачи энергии.

Тема 5. Источники ионизирующего излучения

Источники ионизирующего излучения и их характеристики. Активность радионуклидного источника ионизирующего излучения. Ускорители заряженных частиц. Деление ядер нейтронами. Классификация нейтронов по энергии в ядерной физике и технике. Цепная реакция деления. Коэффициент размножения. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер.

Термоядерные реакторы. Происхождение химических элементов.
Космическое излучение.

Тема 6. Основы ядерно-физических измерений

Основы статистики отсчетов. Простейшие методы обработки ядерных данных.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Решение задач в соответствии с индивидуальным заданием (*осн.*: [1], [2], [3]).

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Законы сохранения и Q-фактор. Энергия связи.
2. Упругие столкновения частиц.
3. Ядерные реакции.
4. Закон радиоактивного распада.
5. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Заряженные частицы.
6. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Незаряженные частицы (рентгеновское и гамма-излучение).
7. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Нейтроны.
8. Демонстрация различных источников ионизирующего излучения и их применение.
9. Элементарная статистическая обработка данных в ядерно-физических измерениях.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Статистика отсчетов
2. Изучение поглощения гамма-излучения в различных веществах
3. Изучение проникающей способности гамма-квантов различных энергий
4. Измерение удельной активности относительным методом.
5. Взаимодействие альфа-частиц с веществом.
6. Замедление и поглощение нейтронов в веществе.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Фундаментальная структура материи. Частицы и поля.
2. Кварки и лептоны. Мезоны. Адроны. Особенности взаимодействия кварков.
3. Строение атома и атомного ядра. Периодический закон.
4. Возбуждение и ионизация атомов и молекул.
5. Характеристическое рентгеновское излучение. Электроны Оже. Тормозное рентгеновское излучение.
6. Кинематика ядерных реакций и превращений. Энергия связи ядра.
7. Механизмы ядерных реакций и радиоактивных превращений.
8. Понятие о микроскопическом сечении реакции. Сечение упругого рассеяния. Формула Резерфорда.
9. Основные закономерности поведения микроскопических сечений для заряженных и нейтральных частиц при низких энергиях. Ядерные модели.
10. Виды радиоактивности. Закон радиоактивного превращения.
11. Активность радионуклида.
12. Цепочки радиоактивных превращений. Переменное равновесие. Вековое равновесие.
13. Взаимодействие быстрых заряженных частиц с веществом в области кинетических энергий от 100 кэВ до нескольких десятков МэВ. Тормозная способность вещества и ЛПЭ.
14. Пробеги заряженных частиц в веществе. Виды пробега. Излучение Черенкова.
15. Взаимодействие фотонного ионизирующего излучения с веществом в диапазоне энергий от 10 кэВ до нескольких десятков МэВ.
16. Взаимодействие нейтронов с веществом. Особенности взаимодействия нейтронов с веществом в различных диапазонах их кинетических энергий.
17. Различные подходы к классификации ионизирующего излучения. Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. ЛПЭ косвенно ионизирующего излучения.
18. Закон ослабления узкого пучка. Линейный коэффициент ослабления (макроскопическое сечение) и средняя длина свободного пробега частиц ионизирующего излучения.
19. Линейный энергетический коэффициент взаимодействия и линейный коэффициент передачи энергии.
20. Источники ионизирующего излучения и их характеристики.
21. Активность радионуклидного источника ионизирующего излучения.
22. Ускорители заряженных частиц.
23. Деление ядер нейтронами. Классификация нейтронов по энергии в ядерной физике и технике.
24. Цепная реакция деления. Коэффициент размножения. Ядерные реакторы.
25. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерные реакторы.
26. Происхождение химических элементов. Космическое излучение.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. М.: Издательство ЛКИ, 2007.
2. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
3. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1980.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. М.: Наука, 1992. Т. 1,2.
5. Батурицкий, М.А. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом / Батурицкий, И.Я. Дубовская. Минск: РИВШ, 2010.
6. SEMBER, H., JOHNSON, T. E., Introduction to Health Physics, 4th Edition, McGraw-Hill, New York (2008).
7. MARTIN, A., HARBISON, S. A., BEACH, K., COLE, P., An Introduction to Radiation Protection, 6th Edition, Hodder Arnold, London (2012).

Дополнительная:

1. Новикова Г.И. Введение в ядерную физику. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
2. Клапдор-Клайнротхаус Г.В., Штаудт А. Неускорительная физика элементарных частиц. Пер. с нем. М.: Наука, Физматлит. 1997.
3. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. М.: Наука, 1988.
4. TURNER, J. E, Atoms, Radiation and Radiation Protection, 3rd Edition, Wiley VCH Verlag, Chichester (2007).
5. JELLEY, N. A., Fundamentals of Nuclear Physics, Cambridge University Press, Cambridge (1990).
6. ATTIX, F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley and Sons, Chichester (1986).
7. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
8. <http://www.nndc.bnl.gov/>
9. <http://physics.nist.gov/>

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	ВСЕГО	Количество аудиторных часов								Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Круглые столы, тематические дискуссии	Лабораторные занятия	Деловые игры	Тренинги	Конференции	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	Введение в структуру атома и атомного ядра	20	8	6							6
2.	Ядерные реакции	16	8	4							4
3.	Радиоактивность	14	6	4							4
	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	32	10	12							10
	Источники ионизирующего излучения	28	18	4							6
	Основы ядерно-физических измерений	40	2	4			24				10
	Всего	150	52	34			24				40