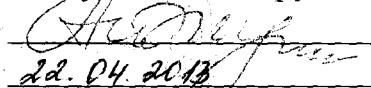


Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение по  
естественнонаучному образованию

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

 А.И. Жук

Регистрационный № ТД- Б. 463 /тип.

**ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Типовая учебная программа для специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям),  
направлению специальности  
1-31 04 01-05 Физика (ядерная физика и технологии)

**СОГЛАСОВАНО**

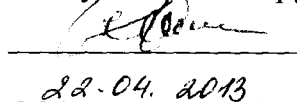
Председатель Учебно-методического  
объединения естественнонаучно-  
математического образования



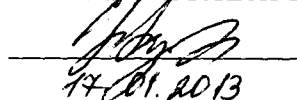
А.Л. Толстик

**СОГЛАСОВАНО**

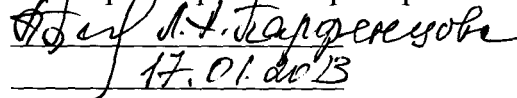
Начальник управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

 С.И. Романюк

Проректор по учебной  
и воспитательной работе  
Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»

 В.И. Шупляк

Эксперт-нормоконтролер

 Н.И. Карганец  
17.01.2013

*Защита от ...*  
*И.Я.Дубовская*

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**И.Я.Дубовская** – доцент кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра** ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»;

**Э.А.Рудак** – главный научный сотрудник Государственного научного учреждения «Институт физики имени Б.И.Степанова» Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 8 от «12» апреля 2012 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета

(протокол № 5 от «28» мая 2012 г.);

Научно-методическим советом по физике Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию

(протокол № 5 от «30» мая 2012 г.).

Ответственный за выпуск: И.Я.Дубовская

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Защита от ионизирующих излучений» является одной из дисциплин типового учебного плана направления специальности 1-31 04 01-05 «Физика (ядерная физика и технологии)», завершающих 1 степень подготовки по данному направлению. Основными дисциплинами цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин, необходимыми для освоения дисциплины «Защита от ионизирующих излучений» являются: «Физика атома и атомных явлений», «Физика ядра и элементарных частиц», «Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом», «Физика ядерных реакторов», «Дозиметрия и радиационная безопасность», «Действие ионизирующих излучений на биообъекты». В ней используются сведения из таких дисциплин, как «Физическое материаловедение» (в части, касающейся радиационных свойств материалов), «Основы экологии и энергосбережения» (в части, касающейся естественного и техногенно измененного радиационного фона и распределения радионуклидных источников ионизирующего излучения в окружающей среде). Расчетные методы, применяемые в дисциплине, основаны на знаниях и навыках, полученных студентами при изучении таких дисциплин, как «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и высшая алгебра», «Теория вероятности и математическая статистика», «Программирование и математическое моделирование», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математической физики», «Теоретическая механика». «Электродинамика», «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика».

Концептуальную основу дисциплины «Защита от ионизирующих излучений» составляют:

– механизмы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, изучаемые, прежде всего, в дисциплинах «Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом», «Действие ионизирующих излучений на биообъекты»;

– основные и рабочие дозовые характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, изучение которых производится в дисциплинах «Физика ядра и ионизирующего излучения», «Дозиметрия и радиационная безопасность»;

– основные понятия и величины, применяемые в радиационной безопасности, и соответствующие нормативы (дисциплина – «Дозиметрия и радиационная безопасность»).

Поэтому дисциплина «Защита от ионизирующих излучений» имеет тесные межпредметные связи и носит прикладной характер. В ней устанавливается связь между характеристиками источника или поля излучения и показаниями детектора или дозовой характеристикой излучения в условиях применения экранирующих излучение материалов, рассматриваются основ-

ные инженерные конструкции, применяемые в защите персонала, населения и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Целью изучения данной дисциплины является освоение студентами знаний и получение навыков по расчету параметров защиты от ионизирующего излучения.

Важнейшие задачи дисциплины состоят в следующем:

- формирование системных знаний студентов в области защиты от ионизирующего излучения;

- привитие и закрепление базовых навыков решения расчетных задач защиты.

Перед преподавателем ставятся следующие задачи:

- изложить важнейшие методы расчета защиты от ионизирующего излучения;

- ознакомить обучаемых с основными инженерными методами, позволяющими предотвратить или снизить вредное воздействие ионизирующего излучения на человека.

- способствовать развитию научного мировоззрения, культуры безопасности.

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

- технологии проблемно-модульного обучения;

- технологии научно-исследовательской деятельности;

- проектные технологии;

- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;

- интенсивное обучение;

- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

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

В результате усвоения дисциплины студент должен в соответствии с требованиями образовательного стандарта направления специальности 1-31 04 01-05 «Физика (ядерная физика и технологии)»

**знать:**

- источники различных видов излучений в ядерном реакторе;

- модели и методы расчета полей различных видов излучений;

- предельные дозы и контрольные уровни излучения и концентрации радионуклидов.

**уметь:**

- рассчитать поля различных излучений в ядерном реакторе;

- выбрать наиболее рациональный способ защиты;

- рассчитать защиту, обеспечивающую допустимые дозы.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает в себя повторение теоретического материала, закрепление его при выполнении расчетных домашних заданий, подготовку отчетов по лабораторным работам и подготовку к их защите, подготовку к экзамену по дисциплине.

Типовая учебная программа по дисциплине «Защита от ионизирующих излучений» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени по направлению специальности 1-31 04 01-05 «Физика (ядерная физика и технологии)». Типовая программа рассчитана на 130 часов, из которых 52 часа отводится на аудиторные занятия. На лекции отводится 26 часов, на лабораторные занятия – 26 часов.

Промежуточный контроль знаний рекомендуется осуществлять путем защиты отчетов по лабораторным работам и проверки домашних заданий. Итоговой формой отчетности по дисциплине является экзамен.

## II. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Название тем	Всего аудиторных часов	В том числе	
			лекции	лабораторные занятия
1.	Характеристики источника и радиационного воздействия	2	2	
2.	Защита от фотонного излучения	2	2	
3.	Защита от нейтронного излучения	4	4	
4.	Защита от заряженных частиц	2	2	
5.	Защита от смешанного излучения	2	2	
6.	Уравнения переноса излучения и расчет защиты	20	8	12
7.	Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения	20	6	14
		<b>52</b>	<b>26</b>	<b>26</b>

### **III. СОДЕРЖАНИЕ**

#### **Тема 1. Характеристики источника и радиационного воздействия**

Характеристика источника. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины. Дозовые коэффициенты. Коэффициент взаимодействия. Коэффициент передачи энергии. Функция радиационного отклика. Концепция точечного ядра дозы, понятие эквивалента дозы. Локальные функции отклика для точечных мишеней. Расчет дозы нерассеянного излучения в зависимости от геометрии источника. Геометрические факторы. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Учет неоднородностей. Предельные переходы между различными видами распределения источников.

#### **Тема 2. Защита от фотонного излучения**

Доза от нерассеянного фотонного излучения: экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега. Учет рассеянного излучения: фактор накопления. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Многослойные экраны. Распространение фотонов в каналах. Концепция фотонного альбедо. Эффект «скайшайн». Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.

#### **Тема 3. Защита от нейтронного излучения**

Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы от нейтронов. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации. Расчет флюэнса промежуточных и тепловых нейтронов. Возраст промежуточных и тепловых нейтронов. Альбедо нейтронов. Распространение нейтронов в каналах. Нейтронное «скайшайн». Материалы защиты от нейтронов. Особенности применения водородосодержащих сред и бетона для защиты от нейтронов. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.

#### **Тема 4. Защита от заряженных частиц**

Особенности взаимодействия быстрых электронов с веществом. Приближение непрерывного замедления. Характеристики пробега электронов в среде. Энергетический спектр электронов в среде. Точечные ядра поглощенной дозы для заряженных частиц: случаи моноэнергетических и полиэнергетических источников. Материалы и оценка толщины защиты от пучков

электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий.

### **Тема 5. Защита от смешанного излучения**

Возникновение смешанного излучения. Электронно-фотонные ливни. Выбор материалов и расчет защиты для смешанного электронно-фотонного излучения. Случай позитронного излучения. Нейтронно-фотонное, нейтронно-фотонно-электронное излучение. Особенности выбора материалов и расчета защиты с учетом реакций неупругого взаимодействия нейтронов с веществом.

### **Тема 6. Уравнения переноса излучения и расчет защиты**

Общее уравнение переноса излучения. Интегральная форма уравнения переноса. Уравнение переноса для фотонов. Уравнение переноса для нейтронов. Граничные условия. Понятие о скейлинге для поля излучения. Переход от объемных источников к эквивалентным поверхностным источникам. Приближенные представления уравнения переноса (экспоненциальное ослабление, диффузионное приближение, многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления). Методы Монте-Карло. Аналоговые и неаналоговые методы. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты.

### **Тема 7. Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения**

Биологическая защита ядерных реакторов. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты ядерного реактора. Нейтронные источники. Инженерные средства защиты от ионизирующего излучения для источников нейтронов. Другие применения источников ионизирующего излучения.



## ***V. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ***

### ***Средства диагностики***

В качестве средств диагностики и контроля знаний рекомендуется использовать:

- Выборочный контроль на лекциях;
- Проверка конспектов лекций студентов
- Проверка домашних заданий
- Прием отчетов по лабораторным работам
- Проведение экзамена по дисциплине

### ***Примерный перечень тем лабораторных работ***

#### **Тема 6. Уравнения переноса и расчет защиты**

Ознакомление с пакетами прикладных программ расчета защиты. Типовые расчеты защиты в случае фотонного, нейтронного излучений и потоков электронов.

#### **Тема 7. Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения**

Расчет на ЭВМ толщины многослойной защиты от точечного и цилиндрического источников нейтронного излучения в ядерном реакторе. Расчет защиты от смешанного излучения в ядерном реакторе. Расчет защиты для нейтронного источника (радионуклидные источники, нейтронный генератор).

### ***Примерный перечень тем для домашних заданий***

#### **Тема 1. Характеристики источника и радиационного воздействия**

Характеристика источника. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины. Концепция точечного ядра дозы, понятие эквивалента дозы. Расчет дозы нерассеянного излучения в зависимости от геометрии источника. Геометрические факторы. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Учет неоднородностей. Предельные переходы между различными видами распределения источников.

#### **Тема 2. Защита от фотонного излучения**

Экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега. Фактор накопления. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.

### **Тема 3. Защита от нейтронного излучения**

Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы от нейтронов. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации. Расчет флюэнса промежуточных и тепловых нейтронов. Возраст промежуточных и тепловых нейтронов. Альbedo нейтронов. Распространение нейтронов в каналах. Нейтронное «скайшайн». Материалы защиты от нейтронов. Особенности применения водородосодержащих сред и бетона для защиты от нейтронов. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.

## *Основная литература*

1. J.K. Shultis, R.E.Faw. Radiation shielding. Prentice Hall, PTR, 1996.
2. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Под ред. Н.Г. Гусева.—3-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.2. Защита от излучений ядерно-технических установок: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Е.Е. Ковалёв. Под ред. Н.Г. Гусева.—2-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Иванов, И.В., Константинов, Е.И., Машкович, В.П. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1964.
5. Переверзнецов, В.В. Основы инженерных методов расчета защиты от ионизирующих излучений ядерных энергетических установок. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994.
6. Quantities and units in radiation protection dosimetry: ICRU Report. Bethesda, Maryland, 1993.
7. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-8-2002. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)» / Утв. пост. гл. сан. врача РБ 22.02.2002.
8. Рекомендации МКРЗ 2007 года по радиационной защите. Публикация МКРЗ 103. М.: Труды МКРЗ, 2009.

## *Дополнительная литература*

1. Голубев, Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М., Энергоатомиздат, 1986.
2. Машкович, В.П., Кудрявцева, А.В. Защита от ионизирующих излучений. / Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1995.
3. ANSI/ANS-6.4.3-1991. American National Standard Gamma Ray Attenuation Coefficients and Buildup Factors for Engineering Materials, American Nuclear Society, L Grange Park, IL, 1991 [может быть заказан как Data Library Collection DLC-139/ANS-643 в Radiation Shielding Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN]
4. Takeuchi, K., Tanaka, S., Kinno, M. Transport calculations of gamma rays including Bremsstrahlung by the discrete ordinate code PALLAS. Nucl. Sci. Eng., V.78., Pp. 272 – 283 (1981).
5. Физические величины. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Шаров, Ю.Н., Шубин, Н.В. Дозиметрия и радиационная безопасность. М.: Энергоатомиздат, 1991.

7. Кутьков, В.А., Ткаченко, В.В., Романцов, В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.
8. MCNPX network. Интернет-ресурс <http://mcnpx.net/>.