

Учреждение образования
"Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина"

Лабораторные работы
по курсу
«Основы радиационной безопасности»
(дозиметрия)

Методические рекомендации
для студентов всех специальностей
университета

Брест 2007

УДК 613.2(072)
ББК 28.080.1

Составители: С.В. Панько
А.Н. Севостьянов
С.В. Слепчук
А.В. Боричевская

Рецензент: О. А. Котловский, канд. пед. наук, доцент.

Лабораторные работы по курсу «Основы радиационной безопасности» предназначены для студентов всех специальностей университета. Основная задача – помочь студентам в усвоении знаний в области радиационной безопасности, приобрести умения и навыки дозиметрического контроля, эффективно подготовиться будущим преподавателям к эколого-педагогической работе в специфических условиях, вызванных последствиями катастрофы на ЧАЭС.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ТЕМА: ОСНОВНЫЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ

ЦЕЛЬ: Ознакомление с системой дозиметрических величин. Приобретение умений и навыков при измерении их дозиметрической аппаратурой и умения правильно оценивать радиационную обстановку.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: Дозиметр ДБГ - 06Т.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

1. ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА

В начальный период развития радиационной дозиметрии в основном оценивалось рентгеновское излучение, распространяющееся в воздухе при использовании рентгеновских аппаратов.

Экспозиционная доза (D_x) – количественная характеристика ионизирующего излучения, основанная на величине ионизации сухого воздуха при 760 мм рт. ст. и нуле градусов Цельсия.

Единицей измерения D_x является рентген (Р) – это такая доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой образуется $2 \cdot 10^9$ пар ионов/см³ воздуха.

Экспозиционная доза в 1 Р довольно большая величина, поэтому на практике чаще всего используют меньшую размерность:

Миллирентген – мР = 10^{-3} Р,

Микрорентген – мкР = 10^{-6} Р.

2. ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА

Во-первых, согласно определению Рентгена оценивается ионизация сухого воздуха рентгеновским или гамма – излучением. Однако в биологических тканях сухой воздух отсутствует. Биологические ткани состоят из белков, жиров, углеводов и воды.

Во-вторых, с помощью Рентгена сложно оценить действие других видов ионизирующих излучений – альфа-, бета- излучений, потоки нейтронов и других.

Поэтому в качестве меры радиационного воздействия проникающих излучений было предложено определять энергию, поглощенную облучаемым веществом. Именно это понятие и лежит в основе радиационной дозиметрии.

Поглощенная доза – количество энергии любого вида ионизирующего излучения, поглощенной единицей массы облучаемого вещества.

Единицей измерения поглощенной дозы является ГРЭЙ.

1 Гр = 1 Дж/кг.

На практике часто используется внесистемная единица поглощенной дозы – рад:

1 рад = 0,01 Гр, 1 Гр = 100 рад.

Между поглощенной дозой и радиационным эффектом существует прямая зависимость: чем больше поглощенная доза, тем больше радиационный эффект.

Для мягких тканей (человек в целом) в поле рентгеновского или гамма-излучения поглощенная доза 1 рад примерно соответствует экспозиции 1 Рентген.

3. ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА

Используя индивидуальную дозиметрию, физики 40-50-х гг., организовали достаточно удобную систему контроля над радиационной обстановкой на ядерных объектах: каждый работник, соприкасающийся с полем излучения, снабжался индивидуальным дозиметром, показания которого периодически считывались. К этому периоду создание служб радиационной безопасности радиобиологи обосновали значения допустимых поглощенных доз для организма человека. Казалось, система замкнута, – если радиационно-опасные работы организованы так, что показания дозиметров не превышают допустимых значений, радиационная безопасность персонала гарантирована. К сожалению, действие ионизирующих излучений на организм оказалось сложнее.

Выяснилось это при трагических обстоятельствах: у значительной части физиков, работавших на ядерных установках, было обнаружено помутнение хрусталика глаза. Эти лучевые катаракты развились у них в условиях умеренных поглощенных доз, не превышающих допустимое значение. Изучение таких отдаленных последствий облучения организма привело к заключению, что радиобиологический эффект зависит не только от поглощенной энергии.

Оказалось, что последствия облучения зависят и от типа излучения. При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический эффект тем выше, чем больше плотность ионизации (количество ионов, образуемых излучением на единице пути). Для различных типов излучений плотность ионизации также различна. Для количественной оценки этого влияния потребовалось ввести понятие коэффициента качества (к) излучения. Так в радиационной дозиметрии появилось новое понятие – эквивалентная доза, связанная с поглощенной дозой следующим соотношением:

Эквивалентная доза = поглощенной дозе * коэффициент.

Коэффициент для бета- и гамма-излучения равен 1, для альфа-излучения равен 20, для протонов и быстрых нейтронов – от 3 до 10.

Единицей измерения эквивалентной дозы является ЗИВЕРТ:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \cdot k,$$

или внесистемная единица БЭР (биологический эквивалент рада)

$$1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад} \cdot k$$

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}.$$

4. МОЩНОСТЬ ДОЗЫ

В ходе радиационного облучения вещества с течением времени доза нарастает. Поэтому на практике при измерениях используют такую величину как мощность дозы (X).

$$X = D/T,$$

Где D – доза (экспозиционная или эквивалентная),

T – время.

В основном все типы дозиметров измеряют либо мощность экспозиционной дозы в мкР/ч или мР/ч, либо мощность эквивалентной дозы в мкЗв/ч.

В заключение необходимо отметить, что для оценки действия излучения на живые организмы используется эквивалентная доза. Лишь в простейшем случае (практически наиболее часто встречающемся), когда человек находится в поле гамма-излучения, допустимо использование для оценки радиационного воздействия экспозиционной или поглощенной дозы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной работе Вам предлагается ознакомиться с дозиметром ДБГ – 06Т и исследовать поле гамма-излучения в лаборатории: измерить с помощью прибора мощность экспозиционной дозы (делается не менее пяти измерений и находится среднее арифметическое) и занести в таблицу 1. Затем, используя связь между величинами, перевести полученное значение в мкГр/ч и мкЗв/ч. Сравнить полученное значение со значением нормального естественного фона гамма-излучения, которое в Беларуси колеблется в пределах 8-20 мкР/ч.

Таблица 1

	Мощность эквивалентной дозы	Мощность поглощенной дозы	Мощность экспозиционной дозы	
	мкЗв/ч	мкГр/ч	мкР/ч	мР/ч
Гамма-фон				

ПОРЯДОК РАБОТЫ С ДОЗИМЕТРОМ ДБГ – 06Т

Включите дозиметр, для чего установите переключатель диапазона в положение мР/ч, а переключатель режимов работы в положение КОНТР. Осуществите сброс показаний нажатием кнопки СБРОС. На цифровом табло при правильном функционировании счетных устройств дозиметра должно устойчиво отображаться число 0515 (без учета запятых). Прибор готов к работе. Переведите переключатель в положение ИЗМЕР. Нажмите кнопку СБРОС. Через интервал времени, около 40 сек, на цифровом табло высветится значение мощности экспозиционной дозы в мР/ч.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие экспозиционной дозы. Единицы измерения.
2. Понятие поглощенной дозы. Единицы измерения.
3. Понятие эквивалентной дозы. Единицы измерения.
4. Понятие мощности дозы.
5. Связь между рентгеном, грэем и зивергом для мягких тканей (человек) в поле гамма-излучения.
6. Какое излучение имеет самый высокий радиобиологический эффект при одинаковой поглощенной дозе? Почему?
7. Назначение дозиметра ДБГ – 06Т. Порядок работы с ним.
8. Значение нормального гамма-фона в Беларуси.
9. В результате аварии на Томском радиохимическом комбинате радиоактивный фон вблизи предприятия составлял 3 миллирентгена в час. Во сколько раз это значение превысило нормальный естественный гамма-фон?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ТЕМА: СРЕДСТВА И МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ЦЕЛЬ: Ознакомление с методами регистрации ионизирующих излучений, приобретение умений и навыков работы с дозиметром РКСБ-104.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: прибор комбинированный для измерения ионизирующих излучений РКСБ-104.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Радиоактивные излучения (альфа-, бета-, гамма- и рентгеновское) при прохождении через вещество вызывают в нем ионизацию. Этот процесс заключается в отрыве одного или нескольких электронов от электронной

оболочки атома или присоединения к ней избыточных электронов. В первом случае получаются положительно, во втором – отрицательно заряженные ионы.

Таким образом, ионизирующие излучения – это любые виды излучений, которые при взаимодействии со средой приводят к ее ионизации с образованием электрических зарядов разных знаков.

Существует несколько методов регистрации ионизирующих излучений:

1. Фотографический – основан на потемнении фотоэмульсии под действием ионизирующих излучений.
2. Химический – под влиянием излучения происходит образование ионов водорода (радиолиз воды). Концентрация ионов водорода затем измеряется известными способами.
3. Полупроводниковый – основан на том, что некоторые полупроводники изменяют свое сопротивление под воздействием ионизирующих излучений.
4. Сцинтилляционный – базируется на том, что некоторые вещества под воздействием ионизирующих излучений испускают фотоны видимого света.
5. Биологический – заключается в исследовании биологических структур под действием излучений.
6. Ионизационный – основан на измерении степени ионизации газов.

В современной дозиметрии и радиометрии применяются в основном ионизационный и сцинтилляционный методы.

Первый метод лежит в основе практически всех типов дозиметров и основан на обнаружении эффекта ионизации атомов вещества под действием радиоактивного излучения. Простейшим и наиболее распространенным детектором является газоразрядный счетчик. Он представляет собой металлический или покрытый слоем металла стеклянный цилиндр. Вдоль оси цилиндра натянута тонкая нить из металла. Внутри счетчик заполнен воздухом или другим газом. При попадании в счетчик излучения образуются ионы. В электрическом поле положительно заряженные ионы начинают двигаться к стенке цилиндра, которая заряжена отрицательно, а электроны – к нити, которая заряжена положительно. Возникает электрический сигнал, который регистрируется прибором.

Второй метод применяется в радиометрах, приборах, измеряющих активность пробы. Сцинтилляционный счетчик состоит из особых соединенных – сцинтилляторов, (например, натрия – йод), где энергия ионизирующего излучения преобразуется во вспышку света. На фотоэлектронном умножителе вспышка света преобразуется в электрический импульс, который регистрируется счетным устройством.

В лаборатории имеется очень широкий набор различных типов радиометров (РУБ-01П6, РУГ-91, СРП-8ВН).

Необходимо отметить, что каждая группа приборов предназначена для достаточно ограниченной цели:

дозиметр – для измерения экспозиционной, поглощенной или эквивалентной дозы. (Наиболее распространенная ошибка состоит в попытке измерить с помощью дозиметра уровень накопления иода-131 в щитовидной железе, а также определить уровень загрязненности продуктов питания радионуклидами);

радиометр – для определения количества радиоактивного вещества. Именно при помощи радиометров можно измерять радиоактивное загрязнение продуктов питания, воды и других объектов;

спектрометр – предназначен для регистрации и анализа энергетического спектра и идентификации на этой основе излучающих радионуклидов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной работе предлагается ознакомиться с принципом работы прибора комбинированного для измерения ионизирующего излучения РКСБ-104.

1. Измерение мощности эквивалентной дозы при помощи РКСБ-104

Согласно инструкции по работе с прибором измерьте МЭД гамма-излучения в лаборатории (не менее 5 раз). Среднее арифметическое занесите в таблицу 1 и сравните со значением естественного фона для Беларуси.

Таблица 1

	Мощность экспозиционной дозы	
	мР/ч	мкР/ч
Гамма-фон		

2. Измерение плотности потока бета-излучения с поверхности

Согласно инструкции измерьте плотность потока бета-излучения с поверхности одежды (не менее 3 раз). Полученное значение сравните с допустимым уровнем, составляющим 3,4 частиц в секунду с квадратного сантиметра. Результаты заносим в таблицу 2.

Таблица 2

	Плотность потока бета-частиц 1/см ²
Одежда	

Порядок работы с РКСБ-104

1. Измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения

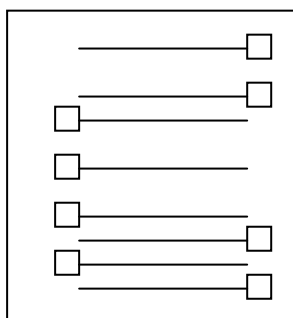


Рисунок 1

Снимите крышку-экран с задней стенки прибора. Переведите движки кодового переключателя в положение, указанное на рисунке 1. Установите крышку задней стенки на прежнее место. Установите тумблеры S2 и S3 на лицевой панели прибора в верхнее положение. Включите прибор тумблером S1. Через 30 сек. раздастся прерывистый звуковой сигнал, а на цифровом табло отобразится цифровая величина, значащая часть которой и является показанием прибора. Это показание соответствует измеренной величине мощности дозы гамма-излучения в мкР/ч. Для определения мощности эквивалентной дозы умножьте показания прибора на коэффициент, указанный на лицевой панели прибора у верхнего положения тумблера S3, и вы получите результат измерения в мкЗв/ч.

2. Определение загрязненности поверхности бета-излучающими радионуклидами

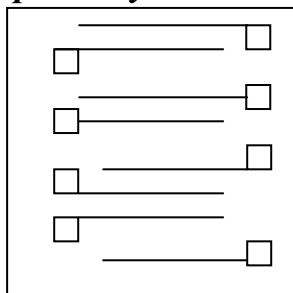


Рисунок 2

Снимите крышку задней панели. Переведите движки кодового переключателя в положение, указанное на рисунке 2. Установите крышку на прежнее место. Разместите прибор на расстоянии 30 см от поверхности одежды. Тумблер S2 переведите в верхнее положение, тумблер S3 в нижнее. Включите прибор. Запишите значащую часть показания прибора ($\phi_{\text{ф}}$ – фоновое показание прибора). Установите прибор на расстоянии 1 см от поверхности объекта. Включите прибор. Запишите значащую часть показания (ϕ), установившегося на табло во время звукового сигнала.

Определите величину загрязненности одежды по формуле:

$$\Phi = k (\phi - \phi_{\text{ф}}), \text{ где } k=0,001$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие излучения называются ионизирующими?
2. Назовите методы регистрации ионизирующих излучений.
3. Каковы основные принципы работы дозиметрической и радиометрической аппаратуры.
4. Область применения различных видов приборов, предназначенных для регистрации радиоактивных излучений.
5. В каких единицах измеряется плотность потока бета-частиц.
6. Допустимые уровни загрязненности одежды.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ТЕМА: СВОЙСТВА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ

ЦЕЛЬ: Ознакомление со способностью гамма-излучений проникать в вещество. Исследование защитных свойств различных материалов.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: Дозиметр ДБГ – 06Т, источник гамма-излучения, защитные материалы – экран картона, дерева и металла.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Краткая характеристика ионизирующих излучений

Атом электрически нейтрален. Это означает, что положительный заряд протонов, находящихся в ядре, компенсируется отрицательным зарядом электронов, образующих электронные оболочки. Если один из орбитальных электронов с помощью внешней силы выбивается с орбиты, то атом превращается в положительный ион. Процесс образования ионов разных знаков называется ионизацией.

Ионизирующее излучение (ИИ) – это излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в этой среде ионов разных знаков и свободных радикалов. Ионизирующее излучение делят на корпускулярное и фотонное.

Корпускулярное излучение – это поток частиц с массой, отличной от нуля (электроны, позитроны, протоны, нейтроны, альфа-частицы).

Фотонное излучение – это электромагнитное излучение (гамма-излучение, характеристическое излучение, тормозное излучение, рентгеновское излучение, аннигиляционное излучение).

Радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, видимый свет и почти весь диапазон ультрафиолетового излучения не вызывают ионизацию.

Нейтронное излучение – поток нейтронов, наблюдаемых при ядерных взрывах, при работе ядерного реактора, при спонтанном делении ядер тяжелых радиоактивных элементов.

Гамма-излучение – электромагнитное излучение, возникающее в некоторых случаях при альфа- и бета-распаде, аннигиляции частиц, при возбуждении атомов и их ядер, торможении частиц в электрическом поле. Распространения гамма-квантов в воздухе в ряде случаев может достигать сотен и тысяч метров.

Тормозное излучение – фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое заряженной частицей при уменьшении кинетической энергии за счет ее торможения электрическим полем. Воздействие на окружающую среду такое, как и гамма-излучения.

Характеристическое излучение – фотонное излучение возникает в возбужденном атоме. Орбитальный электрон получает дополнительную энергию извне и переходит на более удаленную орбиту. Стремясь к равновесию, через некоторое время, электрон вернется на свою орбиту. При этом будет выделена энергия в виде фотона.

Аннигиляционное излучение – фотонное излучение, возникающее в результате аннигиляции частицы и античастицы (например, позитрона и электрона).

Рентгеновское излучение – фотонное излучение (длина волны 10^{-9} – 10^{-12} м), состоящее из тормозного и (или) характеристического излучения, генерируемого рентгеновскими аппаратами. В отличие от гамма-излучения оно обладает такими свойствами, как отражение и преломление, его энергия невелика и не превышает 0,2 МэВ. Поэтому оно менее опасно для здоровья и используется для диагностики заболеваний человека.

Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом зависит от соотношения масс и энергий частиц. Упругое взаимодействие аналогично столкновению бильярдных шаров и характерно для нейтральных частиц (нейтронов) и фотонов, не имеющих заряда. При этом нейтрон, взаимодействуя с атомами, может в соответствии с законами классической механики передать часть энергии пропорционально массам соударяющихся частиц. Если это атом тяжелого элемента, то передается только часть энергии. При этом нейтрон замедляется и далее вступает в ядерные реакции. Ударяя в атом, нейтрон может передать такое количество энергии, которого достаточно, чтобы ядро «выскочило» из электронной оболочки. В этом случае образуются заряженные частицы, обладающие значительной скоростью, которые способны осуществлять ионизацию среды. Результатом упругого взаимодействия может быть и смещение атомов с узлов кристаллической решетки.

Гамма-излучение

Взаимодействие гамма-квантов с веществом может сопровождаться фотоэффектом, комптоновским рассеянием и образованием электрон-позитронных пар.

Фотоэффект возникает при относительно малых значениях энергии, и происходит на внутренних электронах атома, в основном электронах К-оболочки. В этом случае вся энергия гамма кванта передается орбитальному электрону, и он выбивается из орбиты. Выбитый электрон называется фотоэлектроном. Именно он может вызвать ионизацию других атомов. В результате его отрыва в атоме появляется свободный уровень, который заполняется одним из наружных электронов. При этом испускается вторичное мягкое характеристическое излучение. Вероятность фотоэффекта увеличивается с ростом атомного номера материала и уменьшается с ростом энергии фотона.

Комптоновским рассеиванием называется процесс взаимодействия фотонного излучения с веществом, в котором фотон в результате упругого столкновения с орбитальным электроном теряет часть своей энергии и изменяет направление своего первоначального движения, из атома выбивается электрон отдачи (комптоновский электрон).

Образование электронно-позитронных пар. Если энергия гамма кванта превышает 1,02 МэВ, то он поглощается ядром, а из последнего одновременно вылетают электрон и позитрон. Таким образом, гамма-кванты способны косвенно ионизировать вещество.

Проникающая способность гамма-квантов

Расчеты показывают, что проникающая способность гамма-излучения в воздухе составляет сотни метров, в твердых телах – многие сантиметры, в биологической ткани человека часть гамма-квантов проходит через тело человека без последствий, а часть поглощается.

Например, средняя глубина проникновения фотонов с энергией 1 МэВ в воздухе составляет 122 м, в биологической ткани человека – 14 см, оконное стекло гамма-луч проходят практически беспрепятственно. Все это необходимо учитывать при организации противорадиационной защиты.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной работе Вам предлагается изучить защитные свойства различных материалов и исследовать их экранирующие свойства от действия гамма-излучения. Необходимо измерить с помощью дозиметра ДБГ – 06Т мощность экспозиционной дозы (делается не менее пяти измерений и находится среднее арифметическое) и занести

в таблицу 1. Затем, используя связь между величинами, перевести полученное значение в мкГр/ч и мкЗв/ч. Эти значения будут соответствовать естественному фону гамма-излучения.

Затем прибор устанавливается над источником гамма-излучения. Источником гамма-излучения служат грибы, собранные в радиоактивной зоне. Грибы помещены в сосуде Маринелли. Мощность эквивалентной, поглощенной и экспозиционной доз измеряется пять раз и заносится в таблицу. Следующий этап: на сосуд Маринелли кладут лист картона, на него помещают прибор и тоже проводят пять измерений, оценивая защитные свойства картона. Аналогичным образом оцениваются экранирующие свойство дерева и металла.

Таблица 1

	Мощность эквивалентной дозы	Мощность поглощенной дозы	Мощность экспозиционной дозы
	мкЗв/ч	мкГр/ч	мкР/ч
Гамма-фон			
Мощность дозы над источником гамма-излучения			
Мощность дозы гамма-излучения над картонным экраном			
Мощность дозы гамма-излучения над экраном из дерева			
Мощность дозы гамма-излучения над пластиной металла			

ПОРЯДОК РАБОТЫ С ДОЗИМЕТРОМ ДГБ – 06Т

Включите дозиметр, для чего установите переключатель диапазона в положение мР/ч, а переключатель режимов работы в положение КОНТР. Осуществите сброс показаний нажатием кнопки СБРОС. На цифровом табло при правильном функционировании счетных устройств дозиметра должно устойчиво отображаться число 0515 (без учета запятых). Прибор готов к работе. Переведите переключатель в положение ИЗМЕР. Нажмите

кнопку СБРОС. Через интервал времени, около 40 сек, на цифровом табло высветится значение мощности экспозиционной дозы в мР/ч.

В выводах сравнить экранирующие свойства картона, дерева и металла.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте краткую характеристику гамма и нейтронного излучения.
2. Назовите виды электромагнитных ионизирующих излучений.
3. В чем заключается проникающая способность гамма и нейтронного излучения?
4. Виды взаимодействия гамма-излучения с веществом.
5. Виды взаимодействия потока нейтронов с веществом.
6. Какие материалы являются эффективной защитой от: а) гамма-излучения; б) нейтронного потока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ТЕМА: СВОЙСТВА БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ

ЦЕЛЬ: Ознакомление со способностью бета-излучения проникать в вещество. Исследование защитных свойств различных материалов.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: Дозиметр РКСБ – 104, источник гамма-излучения, защитные материалы – экран картона, дерева и металла.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Бета-излучение

Прохождение бета-частиц через вещество сопровождается упругими и неупругими соударениями с ядрами и электронами тормозящей среды.

Упругое рассеяние бета-частиц на ядрах более вероятно и осуществляется при относительно низких энергиях электронов. Упругое рассеяние бета-частиц на электронах в Z раз (Z - величина заряда ядра) менее вероятно, чем на ядрах. Теоретически возможен и сдвиг ядер атомов кристаллической решетки.

При энергии бета-частиц выше энергии связи электрона с ядром (до 1 МэВ) основным механизмом потерь энергии является неупругое рассеивание на связанных электронах, приводящее к ионизации атомов.

При больших энергиях электронов главным механизмом потерь энергии является радиационное торможение, при котором возникает тормозное излучение.

Таким образом, процессы взаимодействия бета-частиц со средой характеризуются радиационным торможением и относительно большой потерей энергии или значительным изменением направления их движения в элементарном акте. Вследствие этого взаимодействия интенсивность пучка бета-частиц уменьшается почти по экспоненте с ростом толщины поглощающего слоя.

Альфа-излучение

Энергия альфа-частиц находится в пределах 4-10 МэВ, скорость примерно 20 000 км/с. Имея большую массу и значительную энергию, они ее расходуют в основном на неупругое рассеяние на электронах атомов. Таким образом, альфа-частицы обладают большой ионизирующей способностью. В редких случаях альфа-частица может проникнуть в ядро и вызвать ядерную реакцию. Полная ионизация, создаваемая альфа-частицами на всем пути в среде, составляет примерно 120-150 тысяч пар ионов.

Удельная ионизация изменяется от 25 до 60 тысяч ионов на 1 см пути в воздухе. Удельная ионизация увеличивается к концу пробега альфа-частиц. Это связано с тем, что при прохождении через вещество энергия альфа-частицы, а значит, и ее скорость уменьшаются. В результате увеличивается вероятность ее взаимодействия с электронами атома. Это приводит к увеличению ионизации вещества, достигая максимума в конце пробега.

Альфа-частицы, имеют двойной электрический заряд и большую массу. Вследствие больших потерь энергии альфа-частицы проникают на незначительную глубину. Так пробег альфа-частиц в воздухе не превышает 10 см, а в биологической ткани 120 мкм, то есть реальную опасность альфа-частицы представляют в основном при попадании их вовнутрь организма.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной работе Вам предлагается изучить защитные свойства различных материалов и исследовать их экранирующие свойства от действия бета-излучения. Необходимо проводить измерения плотности бета потока с помощью дозиметра РКСБ – 104 (делается не менее пяти измерений и находится среднее арифметическое), результаты занести в таблицу 1. Сначала определяется фоновое значение плотности бета потока. Затем прибор устанавливается над источником бета-излучения. Источником бета-излучения служат грибы, собранные в радиоактивной зоне. Грибы помещены в сосуде Маринелли. Плотности бета потока измеряется пять раз и заносится в таблицу. Следующий этап: на сосуд

Маринелли кладут лист картона, на него помещают прибор и тоже проводят пять измерений, оценивая защитные свойства картона. Аналогичным образом оцениваются экранирующие свойства дерева и металла.

Таблица 1

	Плотность потока бета-частиц /см ²
Гамма-фон	
Мощность дозы над источником бета-излучения	
Мощность дозы бета-излучения над картонным экраном	
Мощность дозы бета-излучения над экраном из дерева	
Мощность дозы бета-излучения над пластиной металла	

ПОРЯДОК РАБОТЫ С ДОЗИМЕТРОМ РКСБ – 104

Порядок работы с дозиметром РКСБ – 104 описан в лабораторной работе №2

В выводах сравнить экранирующие свойства картона, дерева и металла.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте краткую характеристику бета- и альфа- излучений.
2. В чем заключается проникающая способность бета- и альфа-излучений?
3. Виды взаимодействия бета-излучения с веществом.
4. Виды взаимодействия альфа-излучения с веществом.
5. Какова величина пробега бета- и альфа- излучений в атмосфере.
6. Какие материалы являются эффективной защитой от бета- и альфа-излучений?

Литература

- 1 Барабой, В. А. Ионизирующая радиация в нашей жизни : учеб. пособие / В. А. Барабой. – Москва : Наука, 1991. – 224 с.
- 2 Бурдаков, В. А. Радиобиологический справочник / В. А. Бурдаков, В. А. Киршин, А. Е. Антоненко. – Минск : Ураджай, 1993. – 470 с.
- 3 Дорожко, С. В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : учеб.-метод. пособие / С. В. Дорожко, В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – Минск : Дикта, 2006. – 308 с.
- 4 Поленов, Б. В. Дозиметрические приборы для населения / Б. В. Поленов. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 64 с.
- 5 Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных : учебник / С. П. Ярмоненко. – Москва : Высшая школа, 1988. – 424 с.

БрГУ им. А.С. Пушкина