

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по курсу

«Основы радиационной безопасности»
для студентов всех специальностей

Для ознакомления.
Распечатывать нет необходимости!

Новополоцк 2015

Лабораторная работа

«Идентификация бета- и гамма-радиоактивных веществ с помощью бытового дозиметра»

Цель работы: изучить основные свойства α -, β -, γ -излучений. Провести измерения образцов и научиться идентифицировать слабо радиоактивные вещества по типу излучений.

Краткие теоретические сведения.

Исследования показали, что излучение, испускаемое при радиоактивном распаде, имеет сложный состав. В процессе распада данного радионуклида происходит излучение только одного вида заряженных частиц: положительных – α -излучение и отрицательных – электронов (гораздо реже положительных – позитронов) – β -излучение. Излучение этих частиц обычно сопровождается испусканием γ -квантов. Опытным путем установлены некоторые общие свойства излучений, возникающих в процессе радиоактивного распада:

1. Излучения вызывают ионизацию атомов и молекул. В связи с этим излучения называются ионизирующими. В результате взаимодействия нейтрального атома с излучением образуется положительно заряженный ион и свободный электрон. Это свойство излучения является основной причиной поражения организма человека излучением, возникающим в процессе радиоактивного превращения.

2. Излучения обнаруживают химическое действие. Это означает, что в результате их воздействия могут происходить некоторые химические реакции. Данное явление имеет место как для веществ неживой природы (например, образование дефектов металлических конструкций при длительном облучении), так и, что особенно важно, для живых объектов. Данное свойство на практике применяется для обнаружения и регистрации излучений. Химическое действие может быть обусловлено ионизацией атомов и молекул вещества.

3. Излучения обладают проникающей способностью. Поскольку испускаемые частицы и электромагнитное излучение обладают энергией и импульсом, то они способны взаимодействовать с веществом и проникать вглубь любого объекта на определенную глубину. Это свойство также определяет степень опасности того или иного вида излучения.

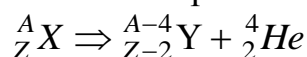
4. Излучение вызывает свечение (флуоресценцию) некоторых твердых и жидких веществ. Это свойство широко используется для регистрации ионизирующих излучений.

5. Излучение изменяет физико-химические свойства веществ. Вообще говоря, это свойство является следствием совокупного химического и ионизирующего действия радиоактивных излучений. Однако ввиду его особой

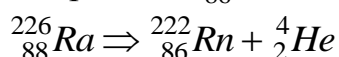
значимости можно выделить его в отдельное свойство. Например, растворимость белков в воде в значительной степени предопределяет пространственную конфигурацию данного белка, а значит и его биологические функции (например, способность гемоглобина связывать молекулу кислорода). Нарушение пространственной конфигурации белка вследствие воздействия радиации может приводить к утрате данной биологической функции.

Помимо общих свойств каждому виду радиоактивного излучения присущи свои особенности. Рассмотрим свойства α -, β -, γ -излучений в отдельности.

α -излучение возникает в результате α -распада, при котором из атомного ядра радионуклида (материнское ядро – ${}^A_Z X$) отщепляется частица ядерного вещества, которая состоит из 2-х протонов и 2-х нейтронов, т.е. ядро атома гелия ${}^4_2 He$. При α -распаде выполняются правила смещения – следствия законов сохранения массы вещества и электрического заряда:



Дочернее ядро ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ вследствие α -распада имеет зарядовое число на 2 единицы, а массовое число на 4 единицы меньше, чем у материнского ядра. Источником α -частицы являются ядра тяжелых радиоактивных элементов, которые имеют порядковый номер более 80 и расположены в конце таблицы Д.И. Менделеева. Примером возникновения α -частицы может быть превращение радия ${}^{226}_{88} Ra$ в изотоп радона ${}^{222}_{86} Rn$



α -излучение обладает рядом отличительных свойств:

- скорость вылетающих из ядра α -частиц достигает 10000 – 25000 км/с;
- данный радионуклид испускает α -частицы с одной и той же энергией, т.е. энергетический спектр α -частиц дискретный что используется при идентификации распадающегося радионуклида;
- проходя через слой вещества, α -частица производит на своем пути ионизацию атомов и постепенно теряет энергию, α -частицы обладают высокой ионизирующей способностью: в воздухе на длине пробега в 1 см образуется от 100 000 до 300 000 пар ионов, траектория движения α -частицы, как правило представляет собой прямую линию;
- α -распад всегда сопровождается γ -излучением.

β -излучение представляет собой поток электронов или позитронов (частица, обладающая массой, равной массе электрона, но имеющая положительный заряд). В первом случае говорят об электронном β^- -распаде, в другом – позитронном β^+ -распаде. Электронов и позитронов нет в ядре, они образуются в распадающемся ядре в момент распада. Схематично эти процессы представляют следующим образом:

β^- -распад:

${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}$ – превращение нейтрона в протон в ядре, которое сопровождается испусканием антинейтрино $\tilde{\nu}$

${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}$ – правила смещения для β^- -распада;

${}^{209}_{83}Bi \rightarrow {}^{209}_{84}Po + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}$ – пример β^- -превращения висмута в полоний.

β^+ – распад:

${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + \nu$ – превращение протона в нейтрон в ядре, которое сопровождается испусканием нейтрино ν ;

${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu$ – правила смещения для β^+ -распада;

${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^0_{+1}e + \nu$ – пример β^+ -превращения фосфора в кремний.

β -излучение характеризуется рядом особенностей:

- энергия β -частиц может быть любой в интервале от 0 до E_{max} (E_{max} – верхняя энергетическая граница β -спектра, которая является характеристикой ядра). Причиной непрерывности энергетического спектра β -излучения является наличие дополнительной частицы ν или $\tilde{\nu}$ (нейтрино или антинейтрино). В результате избыточная энергия, которая выделяется при β -распаде, произвольным образом распределяется между электроном (позитроном) и антинейтрино (нейтрино);

- средняя энергия образующихся β -частиц соответствует скорости 10000 – 25000 км/с;

- β -распад обычно сопровождается γ -излучением.

γ -излучение представляет собой поток коротких (10^{-13} – 10^{-19} м) электромагнитных волн (квантов), которые испускаются в процессе радиоактивного распада при изменении энергетического состояния, образующихся в результате радиоактивного распада атомных ядер. Как самостоятельный вид излучения γ -излучение не встречается, оно всегда сопровождается α - или β -излучением. γ -излучение обладает рядом отличительных свойств:

- γ -излучение распространяется со скоростью света $3 \cdot 10^8$ м/с;

- γ -излучение может вызывать ионизацию атомов непосредственно (фотоэффект, эффект Комптона), или передавая энергию электронам, которые затем уже вызывают ионизацию атомов;

- энергетический спектр γ -излучения дискретен. Это означает, что при распаде радионуклида данного типа всегда излучается γ -квант с конкретным значением энергии.

- интенсивность γ -излучения при прохождении через слой вещества уменьшается по экспоненциальному закону:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

где x – толщина слоя вещества

I – интенсивность излучения после прохождения слоя толщиной x

I_0 – интенсивность излучения в начальный момент

μ – линейный коэффициент ослабления (поглощения).

Длина пробега – это толщина слоя вещества, которую может пройти частица до полной остановки. Длина пробега или глубина проникновения характеризует проникающую способность данного излучения. Она зависит от рода частицы, энергии и плотности вещества, сквозь которое проходит излучение. Длина пробега α -частиц в воздухе в зависимости от энергии не превышает 8 см, тогда как для β -частиц в воздухе она может достигать 20 м. В сравнении с α - и β -частицами проникающая способность γ -излучения в воздухе может достигать сотен и тысяч метров. В более плотных средах длина пробега ионизирующих излучений существенно меньше, однако соотношение между длиной пробега α - и β -частиц и γ -излучения сохраняется. α -частицы задерживаются листом бумаги β -частицы задерживаются одеждой и верхним слоем кожи, поэтому на открытой местности серьезной опасности α - и β -излучения не представляют. Однако, вследствие большой ионизирующей способности попадание α - и β -радиоактивного вещества с пищей или с воздухом в организм человека может нанести непоправимый вред здоровью человека. В сравнении с ними γ -излучение обладает огромной проникающей способностью и может существенно ослабляться лишь многометровым слоем бетона или пластиной из свинца толщиной в несколько сантиметров.

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя исследуемые образцы слаборадиоактивных веществ помещенных в кюветы.
2. Измерить 20 раз величину естественного радиационного фона на рабочем месте.
3. Вычислить среднее значение ЕРФ \overline{N}_ϕ .
4. Измерить 20 раз мощность экспозиционной дозы γ -излучения N_γ первого образца. (Измерения проводить с закрытой задней крышкой дозиметра)
5. По результатам 20 измерений вычислить среднее значение \overline{N}_γ .
6. Провести 20 измерений мощность экспозиционной дозы $\gamma+\beta$ -излучения $N_{\gamma+\beta}$ первого образца. (Измерения проводить с открытой задней крышкой дозиметра)
7. По результатам 20 измерений вычислить среднее значение $N_{\gamma+\beta}$.
8. Повторить измерения для второго образца п.п. 4–7.
9. Произвести сравнение полученных результатов каждого образца с ЕРФ и идентифицировать образцы по виду излучения используя следующие критерии:

Если $\overline{N}_\phi \approx \overline{N}_\gamma \approx \overline{N}_{\gamma+\beta}$, то вещество **не радиоактивно** (т.е. его радиоактивность не превышает уровня естественного радиационного фона).

Если $\overline{N_\phi} \ll \overline{N_\gamma}$, а $\overline{N_\gamma} \approx \overline{N_{\gamma+\beta}}$, то вещество радиоактивное, причем можно утверждать что вещество обладает повышенной **γ – активностью**.

Если $\overline{N_\phi} \approx \overline{N_\gamma}$, а $\overline{N_\phi} \ll \overline{N_{\gamma+\beta}}$, то вещество радиоактивное, причем можно утверждать что вещество обладает повышенной **β – активностью**.

Контрольные вопросы

1. Какие общие свойства излучений, возникающих в процессе радиоактивного распада вы знаете?
2. Что собой представляет α -излучение? Какие его отличительные свойства?
3. Что собой представляет β -излучение? Какие его отличительные свойства?
4. Что собой представляет γ -излучение? Какие его отличительные свойства?
5. Какова длина пробега α -, β - и γ -лучей?
6. В чем заключается методика эксперимента в данной лабораторной работе?
7. Указать критерии идентификации β – и γ – излучения с помощью дозиметра.

