

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 2014

Лабораторная работа №2

«Основы дозиметрии ядерных излучений»

Цель работы: ознакомиться с основными дозиметрическими величинами, характеризующими ионизирующие излучения, а так же с методами их измерения и расчета.

Краткие теоретические сведения

Результат радиационного воздействия зависит от множества разнообразных факторов, однако объективным показателем воздействия этих факторов является количество поглощаемой энергии излучения в рассматриваемой массе вещества. Эта величина получила название дозы.

Доза – общий термин, означающий количество поглощенного излучения или энергии веществом. В настоящее время выделяют экспозиционную, поглощенную, эквивалентную и эффективную дозы и другие. Рассмотрим более подробно некоторые из них.

Экспозиционная доза и ее мощность являются основными характеристиками фотонного излучения. Фотонными называются электромагнитные ионизирующие излучения. К ним относятся γ -кванты, рентгеновское и частично ультрафиолетовое излучения. Экспозиционная доза представляет собой количественную меру ионизационного воздействия фотонного излучения на сухой атмосферный воздух. При определении экспозиционной дозы должно выполняться условие электронного равновесия, при котором сумма энергий заряженных частиц, покидающих рассматриваемый объем, соответствует сумме энергий заряженных частиц, входящих в этот объем. Экспозиционная доза определяется как отношение суммарного заряда всех ионов одного знака ΔQ , которые образуются рентгеновским или γ -излучением в некотором объеме, к массе воздуха Δm , заключенного в этом объеме:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \quad (2.1)$$

За единицу экспозиционной дозы принят один кулон электрического заряда в одном килограмме облучаемого воздуха – 1 Кл/кг . Внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (R). Между этими единицами существуют следующие соотношения:

$$1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}, \quad 1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 R. \quad (2.2)$$

Рентген – единица экспозиционной дозы фотонного излучения, при прохождении которого через 0.001293 грамма сухого воздуха создается $2 \cdot 10^9$ пар ионов.

Хотя экспозиционная доза вводится только для воздуха и только для рентгеновского или γ -излучения, введение этой величины оправдано по ряду причин:

Во-первых, измерение экспозиционной дозы (в отличие от других видов доз) основано на простом физическом методе.

Во-вторых, в области малых доз, экспозиционная доза линейно связана с поглощенной дозой, и, измерив экспозиционную дозу, можно вычислить другие.

В-третьих, на загрязненной радионуклидами местности, человек достаточно равномерно облучается лишь γ -квантами (большая часть α - и β -излучения поглощается одеждой и верхними кожными покровами)

Интенсивность ионизирующих излучений на загрязненной территории со временем не остается постоянной. Уровень загрязнения может уменьшаться, например, за счет распада части радионуклидов или их перераспределения по поверхности вследствие природных явлений и земледелия, или наоборот, увеличиваться при выпадении радиоактивных осадков. Поэтому на практике часто пользуются понятием мощности экспозиционной дозы γ -излучения.

Мощность экспозиционной дозы – это величина, равная отношению изменения экспозиционной дозы к промежутку времени, за которое произошло это изменение:

$$\dot{X} = \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad (2.3)$$

В системе Си мощность экспозиционной дозы измеряется в Амперах на килограмм ($1A/kg$). Внесистемной единицей является рентген в час ($P/ч$). Соотношение между ними

$$1A/kg = 1,397 \cdot 10^7 P/ч \quad 1P/ч = 7,16 \cdot 10^{-8} A/kg \quad (2.4)$$

Экспозиционная доза описывает радиационную обстановку независимо от свойств облучаемых объектов. Конечно, чем больше интенсивность радиации, о чем косвенно позволяет судить экспозиционная доза, тем опаснее. Однако воздействие на объект оказывает только та часть излучения, которая поглотилась в нем, поэтому на практике используются дополнительные величины.

Поглощенная доза – отношение средней энергии ионизирующего излучения ΔE , поглощенной элементарным объемом облучаемого вещества, к массе Δm вещества, заключенного в этом объеме:

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} \quad (2.5)$$

Единицей поглощенной дозы в системе СИ является Грей (*Гр*). Грей равен поглощенной дозе, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж; $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

На практике до сих пор широко используется внесистемная единица поглощенной дозы – рад.

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}; 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}.$$

В отличие от экспозиционной дозы понятие поглощенной дозы применимо при описании воздействия любого вида ионизирующего излучения на любое вещество.

При облучении вещества поглощенная доза может изменяться. Скорость изменения дозы характеризуется мощностью поглощенной дозы. Мощность поглощенной дозы – отношение приращения поглощенной дозы излучения ΔD за интервал времени Δt к этому интервалу:

$$\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t} \quad (2.6)$$

Единицей мощности поглощенной дозы в системе СИ является 1 Гр/с . Внесистемная единица – 1 рад/с .

Поглощенная доза и ее мощность характеризуют не само излучение, а результат его взаимодействия с веществом. Поэтому, говоря о поглощенной дозе, необходимо указывать, для какой среды рассчитана или измерена эта величина. Например, поглощенная доза излучения в мягкой биологической ткани называется тканевой.

Поглощенная доза D фотонного излучения в веществе с известным химическим составом может быть рассчитана по его экспозиционной дозе:

$$D = K_D X \quad (2.7)$$

где K_D – энергетический эквивалент экспозиционной дозы. Его величина зависит от природы данного вещества. Например, для воздуха энергетический эквивалент $K_D = 34,1 \text{ Гр/Кл/кг}$ (во внесистемных единицах $K_D = 0,88 \text{ рад/Р}$), а для биологической ткани этот коэффициент имеет значение: $K_D = 37,2 \text{ Гр/Кл/кг}$, либо $K_D = 0,96 \text{ рад/Р}$.

Конечным итогом воздействия ионизирующего излучения на вещество является ионизация и возбуждение атомов среды. Интенсивность этого воздействия определяется дозой излучения, поглощенной веществом. Однако при одной и той же дозе облучения неблагоприятные биологические последствия оказываются разными для различных видов излучений. Это означает, что вероятность возникновения биологического эффекта зависит не только от количества, но и от “качества” поглощенной энергии. В конечном итоге, при одной и той же поглощенной дозе различные виды излучений вызывают неодинаковое повреждение биологических объектов. Объясняется это различной ионизирующей способностью излучений, т.е. числом ионов, возникающих на единице длины пути данного излучения в веществе.

Для сравнения биологических эффектов, вызываемых разными видами ионизирующих излучений, введено понятие относительной биологической эффективности (ОБЭ). Под ОБЭ понимают отношение поглощенной дозы D_0 образцового излучения, вызывающего определенный биологический эффект, к поглощенной дозе D_x исследуемого излучения, вызывающего тот же биологический эффект:

$$ОБЭ = \frac{D_0}{D_x} \quad (2.8)$$

В качестве образцового принимается рентгеновское излучение с граничной энергией фотонов 200 кэВ. Величина коэффициентов ОБЭ зависит от многих физических и биологических факторов: поглощенной дозы, вида облучаемого объекта и условий облучения, критерия оценки наблюдаемого биологического эффекта.

С введением относительной биологической эффективности непосредственно связано понятие радиационного риска, поскольку ОБЭ показывает, на сколько данное излучение опаснее, чем образцовое.

Регламентированные значения ОБЭ установленные для контроля степени радиационной опасности при хроническом облучении, называются коэффициентом качества излучения (k). Коэффициент качества определяет зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах от ионизирующей способности данного излучения в условиях хронического облучения в малых дозах. При больших дозах коэффициент качества начинает заметно зависеть от мощности поглощенной дозы, т.е. от промежутка времени, за который получена эта доза. Поэтому для оценки последствий аварийного облучения человека при больших уровнях воздействия излучения эквивалентную дозу применять не допускается. Значения коэффициента качества, рекомендованные Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ), приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты качества

| Вид излучения | |
|--|----|
| Рентгеновское и γ -излучение | 1 |
| Электроны, позитроны | 1 |
| Протоны с энергией меньше 10 МэВ | 10 |
| Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ | 3 |
| Нейтроны с энергией в диапазоне 0.1–10 МэВ | 10 |
| α -частицы с энергией меньше 10 МэВ | 20 |
| Тяжелые ядра отдачи | 20 |

Чтобы избежать ошибок при определении степени радиационной опасности облучения поглощенную дозу умножают на коэффициент качества. Полученную таким образом дозу называют эквивалентной дозой:

$$H = kD \quad (2.9)$$

При сложном по составу излучении эквивалентная доза определяется суммой эквивалентных доз каждого компонента излучения:

$$H = k_{\alpha}D_{\alpha} + k_{\beta}D_{\beta} + k_{\gamma}D_{\gamma} + \dots \quad (2.10)$$

Единицей эквивалентной дозы является 1 Зиверт (Зв). Используется также внесистемная единица – бэр (биологический эквивалент рентгена).

$$13\text{в} = 100 \text{ бэр}, 1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$$

Бэр – внесистемная единица эквивалентной дозы любого вида излучения, которое создают такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 рад рентгеновского или γ -излучения с энергией квантов 200 кэВ

В случае неравномерного облучения организма недостаточно определить эквивалентную дозу по ряду причин:

- облучение менее губительно для простых организмов, чем для сложных;
- наблюдения за облученными показали, что органы и ткани организма обладают различной чувствительностью к облучению, что определяется их функциональными особенностями;
- эквивалентная доза рассчитывается для “средней” биологической ткани организма и потому велика вероятность ошибки в случае неравномерного облучения;
- некоторые радионуклиды, попавшие в организм, избирательно накапливаются в определенных органах и тканях (например, йод в щитовидной железе);
- при лучевой терапии опухолей облучению подвергаются лишь отдельные их участки и надо знать, каким испытаниям подвергается весь организм.

Поскольку человек представляет собой сложноорганизованную систему, то при неравномерном облучении организма необходимо учитывать радиочувствительность органов и тканей, отличающихся по уровню сложности строения и функциональным особенностям.

Согласно беспороговой концепции действия радиации, между вероятностью возникновения стохастических эффектов (опухоли, генетические повреждения) и дозой существует линейная зависимость. Тогда степень риска неблагоприятных последствий можно описать выражением:

$$r_i = r_{i,H} H_i \quad (2.11)$$

где H_i – значение эквивалентной дозы в i -ом органе или ткани; $r_{i,H}$ – коэффициент риска облучения i -го органа или ткани (N – общее число взятых в рассмотрение органов и тканей). Суммарный риск при неравномерном облучении всего тела определяется так:

$$R_1 = \sum_{i=1}^N r_i = \sum_{i=1}^N r_{i,H} H_i \quad (2.12)$$

При равномерном облучении всего тела некоторой эквивалентной дозой H_E суммарный риск

$$R_2 = \sum_{i=1}^N r_{i,H} H_E = H_E \sum_{i=1}^N r_{i,H} = H_E r_{\Sigma,H} \quad (2.13)$$

где $r_{\Sigma,H} = \sum_i^N r_{i,H}$ – сумма коэффициентов риска для всех органов и тканей.

При совпадении риска в случае равномерного R_1 и неравномерного облучения R_2 можно записать:

$$r_{\Sigma,H} H_E = \sum_{i=1}^N r_{i,H} H_i \Rightarrow H_E = \sum_{i=1}^N \frac{r_{i,H}}{r_{\Sigma,H}} H_i \quad (2.14)$$

либо

$$H_E = \sum_{i=1}^N \omega_i H_i; \quad \sum_{i=1}^N \omega_i = 1 \quad (2.15)$$

Величина H_E называется эффективной эквивалентной дозой и используется в радиационной безопасности в качестве меры определения степени риска при облучения человека малыми дозами. Коэффициент ω_i – это взвешивающий фактор (весовой коэффициент), характеризующий по определению отношение риска при облучении только одного органа или ткани к суммарному риску при равномерном облучении тела. Взвешивающий фактор ω_i определяет весовой вклад данного органа или ткани в риск неблагоприятных последствий при равномерном облучении организма. Это означает, что при облучении всего организма дозой 1 Зв или облучении только красного костного мозга дозой $0,12 \text{ Зв}$ степень риска его повреждения одинакова.

Эффективная эквивалентная доза при неравномерном облучении органов или тканей равна такой эквивалентной дозе при равномерном облучении всего организма, при которой риск неблагоприятных последствий будет таким же, как и при данном неравномерном облучении. Единицы измерения эффективной эквивалентной дозы совпадают с единицами измерения эквивалентной дозы

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}; 1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$$

В табл. 2 приведены рекомендованные МКРЗ значения взвешивающих факторов и коэффициентов риска смерти от рака и наследственных дефектов, применяемые для задач радиационной защиты. Они могут быть использованы

для лиц всех возрастов и обоих полов. Приведенные величины для гонад учитывают серьезные наследственные эффекты, проявляющиеся в первых двух поколениях (т.е. дети и внуки подвергшихся облучению лиц). На практике за “другие” органы и ткани, не перечисленные в таблице, принимают пять, получивших самые высокие эквивалентные дозы: для них берется $\omega_i = 0,06$. В действительности значение $r_{i,H}$ зависит от многих факторов (возраста, пола, состояния организма в момент облучения и т.д.). Поэтому их следует рассматривать как ориентировочные.

Таблица 2

Взвешивающие факторы и коэффициенты риска смерти от рака
и наследственных дефектов

| Орган или ткань | Заболевание | $r_{i,H} 10^{-2}, 3e^{-1}$ | ω_i |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| Гонады | Наследственные дефекты | 0,40 | 0,20 |
| Молочная железа | Рак | 0,25 | 0,05 |
| Красный костный мозг | Лейкемия | 0,20 | 0,12 |
| Легкие | Рак | 0,20 | 0,12 |
| Щитовидная железа | Рак | 0,05 | 0,05 |
| Костная ткань | Злокачественные опухоли | 0,05 | 0,03 |
| Все другие органы и ткани | То же | 0,5 | 0,43 |
| Весь организм | | 1,65 | 1,00 |

Порядок выполнения работы

1. Оценка радиационной обстановки местности.

1.1. Произвести 20 измерений мощности экспозиционной дозы естественного радиационного фона (ЕРФ) N_ϕ с помощью дозиметра, результаты занести в таблицу.

1.2. Вычислить среднее значение ЕРФ.

$$\bar{N}_\phi = \frac{\sum_{i=1}^{20} N_i}{20}$$

результат \bar{N}_ϕ занести в таблицу 3 (мощность экспозиционной дозы, внесистемная единица измерений).

1.3. Перевести полученное среднее значение мощности экспозиционной дозы \bar{N}_ϕ из внесистемных единиц ($мкР/ч$) в единицы международной системы СИ ($А/кг$), выражение (2.4).

1.4. Согласно (2.2) оценить среднегодовую экспозиционную дозу в R и $Кл/кг$, приняв промежуток времени Δt **равному один год (в часах)**.

1.5. Оценить среднегодовую поглощенную дозу с учетом эмпирических коэффициентов для биологической ткани (в *Rad* и *Gr*), выражение (2.7).

1.6. В соответствии с (2.9) оценить среднегодовую эквивалентную дозу для рентгеновского и γ -излучения (в *бэр* и *Зв*).

1.7. Согласно (2.15) оценить среднегодовую эффективную дозу (в *бэр* и *Зв*) при условии облучения всего организма.

1.8. Результаты расчетов в отчете представить в виде таблицы 3.

Таблица 3

| Величина | Международная система единиц | Внесистемная единица измерений |
|--|------------------------------|--------------------------------|
| \dot{X} (Мощность экспозиционной дозы) | | |
| X (Экспозиционная доза) | | |
| D (Поглощенная доза) | | |
| H (Эквивалентная доза) | | |
| H_E (Эффективная эквивалентная доза) | | |

2. Оценка обстановки на загрязненной территории.

2.1. Получить у преподавателя пробу слаборадиоактивного вещества.

2.2. Произвести 20 измерений мощности экспозиционной дозы γ -излучения согласно п. 2.3.1 – 2.3.5 Основных правил работы с дозиметрами. Результаты измерений представить в виде таблицы. Вычислить среднее значение $\overline{N_\gamma}$.

2.3. Согласно пунктам 1.4 – 1.7 рассчитать среднегодовые поглощенные, эквивалентную и эффективную эквивалентную дозы. Результаты представить в виде таблицы 3.

3. Сделать вывод о радиационной обстановке в лаборатории.

4. Сделать вывод о радиационной обстановке местности, если бы результаты, полученные в п. 2 были бы получены на этой местности.

Контрольные вопросы

1. Какая величина называется экспозиционной дозой, мощностью экспозиционной дозы? В каких единицах они измеряются? Какая связь между различными единицами экспозиционной дозы?

2. По каким причинам является оправданным использование в дозиметрии экспозиционной дозы излучения, которая не характеризует поглощение энергии веществом

3. Какая величина называется поглощенной дозой, мощностью поглощенной дозы? В каких единицах они измеряются? Какая связь между различными единицами поглощенной дозы?

4. В чем заключается условие электронного равновесия для системы воздух-излучение? Какие эмпирические соответствия установлены между экспозиционной и поглощенной дозами на основании этого условия?

5. Что характеризует величина, называемая коэффициентом качества? Какая величина называется эквивалентной дозой, в каких единицах она измеряется? Как определить эквивалентную дозу, если излучение имеет сложный состав?

6. Что характеризует величина, называемая взвешивающим фактором? Для чего используется понятие коэффициент риска?

Лабораторная работа №3

«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.

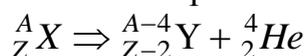
4. Излучение вызывает свечение (флуоресценцию) некоторых твердых и жидких веществ. Это свойство широко используется для регистрации ионизирующих излучений.

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

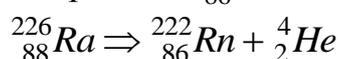
значимости можно выделить его в отдельное свойство. Например, растворимость белков в воде в значительной степени предопределяет пространственную конфигурацию данного белка, а значит и его биологические функции (например, способность гемоглобина связывать молекулу кислорода). Нарушение пространственной 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.

