

Рассмотренные эффекты взаимодействия рентгеновского и гамма-излучений с веществом могут идти независимо и одновременно. Доля того или иного эффекта в общей картине взаимодействия зависит от энергии фотона (длины волны излучения) и порядкового номера вещества.

Особенно сложным является проявление этих свойств при взаимодействии рентгеновского и γ -излучения с биологическими объектами. Это связано с тем, что поглощение различных тканей организма может сильно отличаться.

Одной из важных характеристик ЭМ-излучения, определяющей характер его взаимодействия с биологическими объектами, является энергия фотона ϵ . Мы говорили ранее, что ЭМ-излучение обладает одновременно как свойствами волны, так и свойствами частицы (проявление корпускулярно-волнового дуализма). Выраженность каждого из этих свойств зависит от длины волны. Так, в радиодиапазоне и в ИК-излучении проявляются волновые свойства (дифракция волн, интерференция), в видимом диапазоне и те и другие свойства выражены примерно одинаково (дифракция – волновые, фотоэффект – корпускулярные). С уменьшением длины волны сильнее проявляются корпускулярные свойства ЭМ-излучения. Начиная с энергии кванта, примерно равной 12 эВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), что соответствует дальнему УФ, и далее в диапазоне рентгеновского и тем более гамма-излучения, ЭМ волна ведет себя как поток частиц. С этой условной границы ЭМ-излучения могут ионизировать вещество, и поэтому, начиная с дальнего УФ, рентгеновское и гамма-излучения относят к ионизирующему.

Выше мы рассмотрели один из видов излучений, воздействию которых подвергается человек, а именно электромагнитные волны во всех диапазонах. Теперь перейдем к рассмотрению излучений, возникающих в результате внутриядерных процессов – радиоактивных излучений.

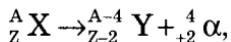
§ 45. Виды и свойства радиоактивных излучений

По современным представлениям ядро атома состоит из нуклонов: протонов ${}_1^1\text{p}$ и нейтронов ${}_6^1\text{n}$. Размер ядра приблизительно в 10^5 раз меньше размера атома, но почти вся масса атома содержится именно в ядре.

В природе наблюдается явление радиоактивного распада – самопроизвольное (без внешних воздействий) превращение ядер определенных элементов в ядра других элементов с испусканием

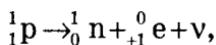
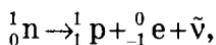
ем радиоактивных излучений. Радиоактивные излучения исторически были названы альфа-, бета- и гамма-излучениями. Потоки альфа-частиц, электронов и позитронов, а также гамма-излучение возникают при радиоактивном распаде:

1) а-частицы образуются в результате а-распада тяжелых ядер:



а-частицы состоит из 4-х нуклонов: двух нейтронов и двух протонов;

2) потоки электронов и позитронов возникают в результате б-распада:



где ${}_{-1}^{0}e$ – электрон, ${}_{+1}^{0}e$ – позитрон, ν и $\tilde{\nu}$ – нейтрино и антинейтрино соответственно;

3) а- и б-распады могут сопровождаться г-излучением (кванты электромагнитного поля с высокой энергией). Возможны и другие процессы, приводящие к гамма-излучению.

К основным свойствам радиоактивных излучений относятся их проникающая и ионизирующая способности.

Таблица 11.2. Характеристики радиоактивных излучений

Вид излучения	Заряд Z ед. заряд	Атомная масса A, а.е.м	Средняя энергия, 10^6 эВ	Линейная плотность ионизации (воздух), пар/см	Средний линейный пробег, м	
					воздух	ткани организма
альфа	2	4	4 – 8,8	$\sim 3 \cdot 10^4$	$(2 - 8)10^{-2}$	
бета	1	0	0,01 – 10	50 – 250	10	$1,5 \cdot 10^{-2}$
гамма	0	0	0,2 – 3,0	300	300	около 1

Ионизирующая способность излучения оценивается линейной плотностью ионизации i:

$$i = \frac{dn}{dl},$$

где dn – число ионов одного знака, образованных ионизирующей частицей на элементарном пути dl . На практике эта величина оценивается количеством пар ионов, образованных частицей на 1 см пробега. *Проникающая способность излучения* оценивается длиной свободного пробега или *средним линейным пробегом* – среднее расстояние, которое проходит частица в данном веществе, пока она способна ионизировать. Ионизирующая и проникающая способности частиц зависят от их заряда и массы, а также от плотности вещества, в котором идет процесс ионизации. Чем больше заряд и масса частицы, тем больше ее способность ионизировать вещество и тем меньше ее средний линейный пробег. Средние значения энергий, линейной плотности ионизации, линейного пробега для радиоактивных излучений приведены в табл. 11.2.

Выбитые при ионизации электроны могут выбивать вторичные электроны, обладающие энергией, достаточной для последующей ионизации веществ. Возникающее в результате комптон-эффекта рентгеновское излучение, в свою очередь, также может вызывать ионизацию.

Рентгеновское излучение и гамма-фотоны, вызывая незначительную первичную ионизацию, порождают вторичную, в результате которой полный ионизационный эффект может быть весьма значительным.

Вследствие различных ионизирующих и проникающих способностей радиоактивных излучений способы защиты от них различны: для защиты от α -частиц достаточно слоя бумаги, одежды и т.п.; от β -излучения можно защититься сантиметровым слоем дерева, стекла или любого легкого металла; для защиты от γ -излучения применяются толстые (до метров) слои воды, бетона, кирпичные стены, а также пластины из свинца толщиной до 10 см.

§ 46. Дозиметрия ионизирующих излучений

К ионизирующему излучениям относятся рентгеновское и γ -излучение, потоки α -частиц, электронов, позитронов, а также потоки нейтронов и протонов.

Действие ионизирующих излучений на вещество оценивают дозой D. В таблице 11.3 приведены единицы измерения упот-