

Лекция 3. Виды радиоактивного излучения

Альфа-излучение – поток положительно заряженных ядер гелия, распространяющийся со скоростью 10^7 м/с, имеющий малую проникающую способность (поглощается алюминиевой пластиной толщиной 0,05 мм). Альфа распад наблюдается только у тяжёлых ядер ($A > 200$; $Z > 82$).



Бета-излучение бывает электронное и позитронное:

Электронное бета-излучение

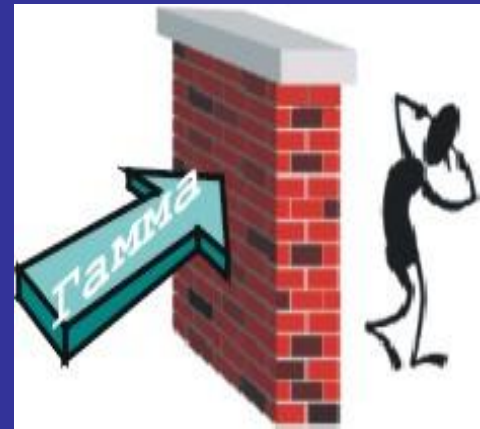


$\tilde{\nu}$ - электронное антинейтрино

Позитронное бета-излучение



ν - электронное нейтрино



Гамма-излучение ядер состоит из самопроизвольного испускания гамма-квантов. Этот процесс происходит без изменения A и Z и поэтому гамма-излучение не является самостоятельным типом радиоактивности.

Дозиметрические величины

Поглощённая доза – количество энергии, поглощённой единицей массы. В СИ единица измерения Грей (Гр), внесистемная единица Рад: $1 \text{ Рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$

$$D = \frac{dE}{dm} = \left[\frac{\text{Энергия, Дж}}{\text{Масса, кг}} \right] = [\text{Гр}]$$

Мощность поглощенной дозы – количество энергии, поглощённое за единицу времени.

$$P = \frac{dD}{dt} = \left[\frac{\text{Гр}}{\text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Рад}}{\text{с}} \right]$$

Эквивалентная доза отличается от поглощённой тем, что она учитывается особенности радиационного эффекта в биологической ткани за счёт коэффициента качества \bar{K} . В СИ единица измерения зиверт (Зв), внесистемная единица бэр: $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$

$$H = D * \bar{K}$$

Вид излучения	\bar{K}
Гамма	1
Бета, электроны	1
Альфа (E=10МэВ)	20

Эффективная эквивалентная доза учитывает влияние ионизирующего излучения на отдельные органы человека за счёт взвешивающегося коэффициента ω . В Си- Зв. Внесистемная- бэр. $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$

$$H_e = \sum_{i=1}^N H_i \omega_i$$

Органы человека	ω
Половые железы	0,25
Костный мозг	0,12
Щитовидная железа	0,03
Костная ткань	0,03

Экспозиционная доза определяет ионизационную способность фотонного излучения в воздухе и равна отношению суммарного заряда всех ионов одного знака возникающих в воздухе при полном торможении электронов и позитронов к массе воздуха в этом объёме.

$$X = \frac{dQ}{dm} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right] = [3,8 * 10^3 \text{ Р (Рентген)}]$$

Мощность экспозиционной дозы:

$$P = \frac{dX}{dt} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг} * \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Рентген}}{\text{с}} \right]$$

Взаимодействие альфа - излучения с веществом

Проходя через вещество альфа-частицы, могут взаимодействовать как с электронами, так и с ядрами атомов. Упругое рассеивание альфа-частиц на ядрах атомов маловероятно. При неупругом взаимодействии альфа-частицы с электроном скорость альфа-частицы уменьшается, и атом переходит в возбуждённое состояние за счёт перехода электронов на соседнюю орбиту или в случае, если он покидает атом. При этом потери энергии на единицу пути определяются:

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{ион}} = \frac{(Z_{\alpha}^2 * n_e)}{V_{\alpha}^2};$$

Где


Z_{α} - заряд альфа-частицы;

n_e - концентрация электронов;

V_{α} - скорость альфа-частицы.



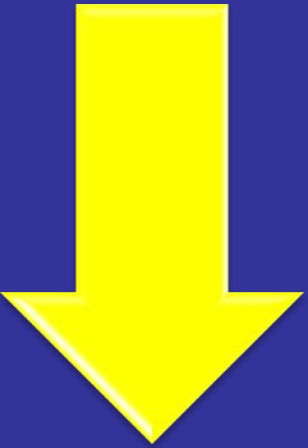
Взаимодействие бета – излучения с веществом



При энергии бета-частицы 0,5 МэВ происходит её взаимодействие с ядрами, при этом потери энергии на единицу пути определяются радиационными потерями.

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{рад}} = \frac{E_{\beta}^2}{m_{\beta}^2}$$

Где E_{β} – энергия бета-частицы;
 m_{β} – масса бета-частицы



При энергии бета-частицы 1 МэВ происходит её взаимодействие с электронами и потери энергии на единицу пути определяются ионизационными потерями.

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{ион}} = \frac{(Z_{\beta}^2 * n_e)}{V_{\beta}^2}$$

Где Z_{β} – заряд бета-частицы;
 n_e – концентрация электронов;
 V_{β} – скорость бета-частиц.

При прохождении бета-частицы вблизи атомных ядер под действием кулоновской силы, пропорциональной заряду ядра, частица отклоняется от первоначального направления и получает большие ускорения, в результате чего излучаются электромагнитные волны, интенсивность которых пропорциональна квадрату ускорения.

Взаимодействие гамма-излучения с веществом

1. При действии γ -кванта с энергией меньшей энергии связи электрона с ядром, электрон с k -уровня выбивается из атома, переводя его в возбужденное состояние, а его место занимает электрон с соседнего уровня, излучая γ -квант большей длины волны.

2. При действии γ -кванта с энергией большей энергии связи электрона с ядром, свободный электрон или электрон со слабой энергией связи покидает атом, переводя его в возбужденное состояние, излучая гамма-квант большей длины волны.

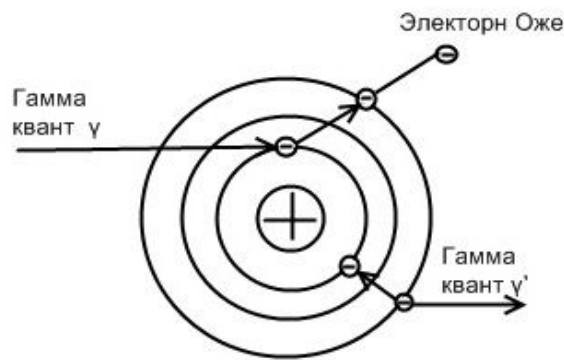
3. При энергии γ -кванта больше 1,02 МэВ из ядра выбивается электронно-позитронная пара.

При прохождении γ -кванта через вещество интенсивность пучка уменьшается по экспоненциальному закону:

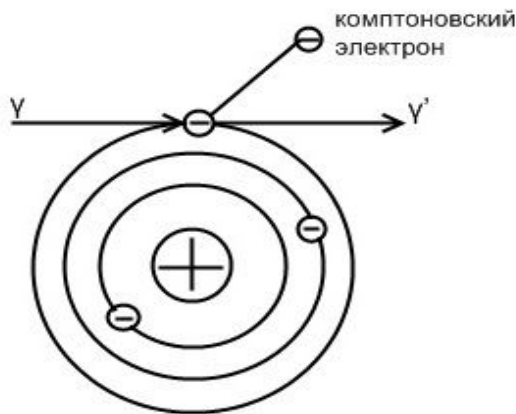
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

где μ коэффициент линейного ослабления;

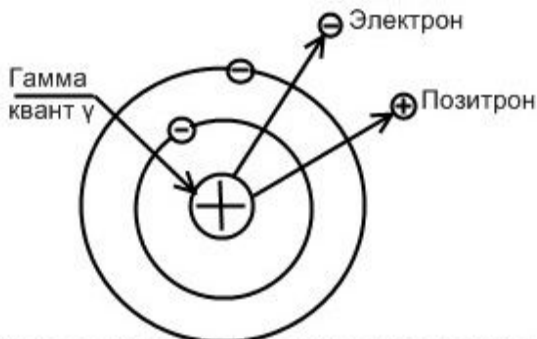
x толщина вещества.



1. Фотоэффект $E=0,1+0,2$ МэВ



2. Комptonовское рассеивание $E=0,2+1$ МэВ



3. Образование электронно-позитронной пары $E=1,02$ МэВ

Детекторы радиоактивного излучения

Детектор является основным элементом приборов, служащих для обнаружения и измерения количественных характеристик радиоактивного излучения. Детектирование основано на регистрации эффектов, которые вызывает излучение при прохождении через вещество.

Основные характеристики детектора:

Эффективность регистрации – отношение числа зарегистрированных частиц к полному числу частиц прошедших через детектор.

Разрешающая способность определяется минимальным промежутком времени между двумя последовательными актами регистрации, в течение которого детектор нечувствителен к излучению.

Время восстановления - интервал времени, в течение которого детектор, зарегистрировав одну частицу (квант) успевает вернуться в исходное состояние для регистрации следующей частицы.

Методы регистрации ионизирующего излучения:

- ионизационный метод;
- газоразрядный метод (пропорциональный счётчик и счётчик Гейгера-Мюллера);
- фотографический, химический;
- сцинтилляционный.

