

# 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

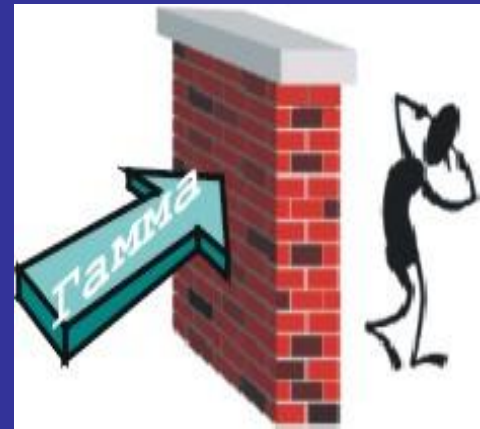


$\tilde{\nu}$  - электронное антинейтрино

Позитронное бета-излучение



$\nu$  - 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  $\omega$ . В Си- Зв. Внесистемная- бэр.  $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$

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

Органы человека	$\omega$
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


$Z_{\alpha}$  - заряд альфа-частицы;

$n_e$  - концентрация электронов;

$V_{\alpha}$  - скорость альфа-частицы.



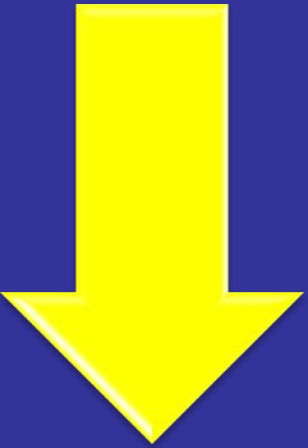
# Взаимодействие бета – излучения с веществом



**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  $E_{\beta}$  – энергия бета-частицы;  
 $m_{\beta}$  – 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  $Z_{\beta}$  – заряд бета-частицы;  
 $n_e$  – концентрация электронов;  
 $V_{\beta}$  – 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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -квант большей длины волны.

2. При действии  $\gamma$ -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.

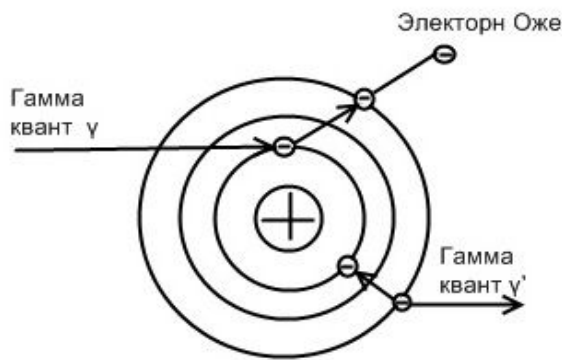
3. При энергии  $\gamma$ -кванта больше 1,02 МэВ из ядра выбивается электронно-позитронная пара.

При прохождении  $\gamma$ -кванта через вещество интенсивность пучка уменьшается по экспоненциальному закону:

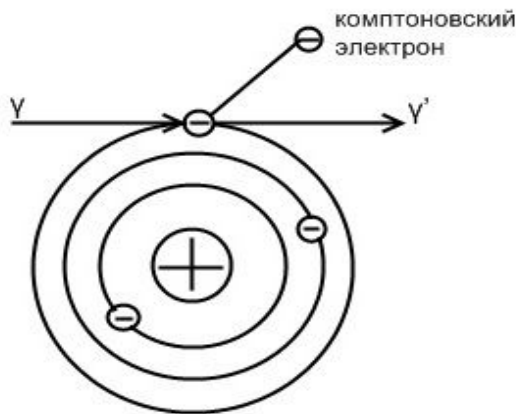
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

где  $\mu$  коэффициент линейного ослабления;

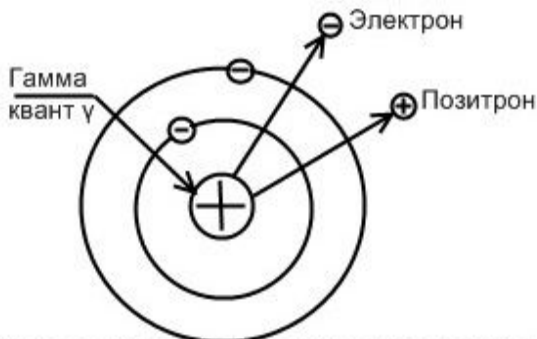
$x$  толщина вещества.



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.

