

# Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц

38.(0). Дозиметрические единицы и  
защита от радиоактивных излучений.

# Три типа дозиметрических единиц

1. **Интегральный поток:** количество частиц, прошедших через единицу площади поперечного (к потоку частиц) сечения облучаемого объекта. Единица измерения: частиц/см<sup>2</sup>. Плотность потока: количество частиц, прошедших за единицу времени через единицу площади поперечного (к потоку частиц) сечения облучаемого объекта. Единица измерения: частиц/(см<sup>2</sup>·с)

Интегральный поток и плотность потока - наиболее простой тип дозиметрических единиц. Главный недостаток: Требуется указания вида частиц и их энергии, из-за чего трудно сравнивать между собой результаты воздействия излучений, разных по виду частиц и по их энергии.

## 2-й тип дозиметрических единиц :

**Поглощенная доза и мощность дозы.**

Поглощенная доза: энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом и рассчитанная на единицу массы

$$1 \text{ Грей} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$$

Рад (radiation absorbed dose) - внесистемная единица:

$$1 \text{ рад} = 0.01 \text{ Дж/кг} = 0.01 \text{ Гр}$$

Мощность дозы: приращение дозы за единицу времени.

**3-й тип дозиметрических единиц: экспозиционная доза.** Этот тип дозиметрических единиц наиболее удобен для рентгеновского излучения и гамма-излучения.

Экспозиционная доза - это доза, измеряемая на основе ионизационного эффекта.

Используются внесистемные единицы:

рентген (р),

физический эквивалент рентгена (фэр),

биологический эквивалент рентгена (бэр).

# Рентген и фэр

Рентген - это единица дозы рентгеновского или гамма-излучения, создающая в сухом воздухе при нормальных условиях ионы, несущие заряд  $2.58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг каждого знака.

Фэр (физический эквивалент рентгена) - доза облучения частицами других видов (альфа, бета, нейтронами и др.), создающая такую же ионизацию, как и доза гамма-излучения в 1 рентген. Один фэр соответствует образованию  $2.08 \cdot 10^9$  пар ионов. В воздухе для этого нужна энергия примерно 0.0084 Дж/кг, поэтому приближенно можно считать, что  $1 \text{ фэр} = 1 \text{ рад} = 0.01 \text{ Гр}$

# Биологический эквивалент рентгена (бэр) и Зиверт:

$$D_{\text{бэр}} = D_{\text{фэр}} \times \text{ОБЭ}$$
$$D_{\text{Зиверт}} = D_{\text{Грей}} \times \text{ОБЭ}$$

Таблица 13.1. Коэффициенты ОБЭ для разных типов излучений

Тип излучения	ОБЭ
γ-излучение	1
β-частицы	1
Тепловые нейтроны	5
Быстрые нейтроны	10
Протоны	10
α-частицы	10

Т а б л и ц а 13.2. Действие различных доз излучения на человека

Доза, Р	Действие на человека
0—25	Отсутствие явных повреждений
20—50	Возможное изменение состава крови
50—100	Изменение состава крови. Повреждения
100—200	Повреждения. Возможная потеря трудоспособности
200—400	Нетрудоспособность. Возможная смерть
400	Смертность 50%
600	Смертельная доза

# Допустимые дозы в России регламентированы нормами радиационной безопасности (НРБ)

Категория А (профессиональное облучение):  
не более 100 мбэр в неделю (5 бэр в год),

Категория Б (персонал, подвергающийся  
облучению не постоянно и в небольших  
дозах): не более 10 мбэр в неделю (0.5 бэр  
в год),

Категория В (обычное население): на уровне  
среднего естественного фона 0.24 бэр в  
год.



# Радиационный фон

## Естественный радиационный фон:

Природные радионуклиды (калий-40, радон, уран, торий и др.), а также космические лучи и образованные ими радионуклиды (углерод-14, тритий и др.)

## Техногенный радиационный фон:

Ядерная энергетика, испытания ядерного оружия, сжигание угля и нефти и обусловленный этим выброс в атмосферу радионуклидов уранового и ториевого рядов; рентгеновская аппаратура, применяемая в медицине и т.п.)

# Естественный радиационный фон

В разные годы и в зависимости от местности находится в пределах от 0.05 до 0.5 бэр в год. Среднее по Земле значение в последние годы по данным различных измерений составляет 0.24 бэр в год.

Имеются местности (в Южной Америке, в Индии, в Иране), где уровень естественного фона достигает 1 бэр в год, однако обследования населения не выявили сдвигов в структуре заболеваемости и уровне смертности.

# Радиационная защита

*Защита от внешнего воздействия альфа- и бета-излучений не представляет трудностей. Для полного поглощения альфа-частиц от обычных изотопных источников достаточно листа бумаги, а для защиты от бета-частиц - алюминиевого экрана толщиной 5-7 мм.*

*Наибольшую опасность представляют альфа- и бета-активные изотопы при попадании внутрь организма (в виде пыли, аэрозолей и т.п.)*

# Защита от гамма-излучения

Полностью поглотить гамма-излучение невозможно, поэтому цель защиты - ослабить поток гамма-квантов до безопасных значений. При этом в отличие от альфа- и бета-излучений, толщина защитного экрана зависит не только от энергии гамма-излучения, но и от интенсивности, т.к. поток гамма-квантов экспоненциально ослабевает с расстоянием внутри вещества по закону Бугера-Ламберта. Хорошо поглощают гамма-излучение тяжелые металлы (вольфрам, свинец), однако вольфрам дорог, а свинец химически ядовит, поэтому, если позволяют условия, лучше использовать обычные материалы (сталь, бетон).

# Защита от нейтронов

В лабораторных условиях используются изотопные нейтронные источники. Защита от нейтронов осуществляется в три этапа:

Замедление нейтронов до тепловых скоростей (используется вода или парафин),

Поглощение тепловых нейтронов (используется кадмий или бор),

Поглощение сопровождающего гамма-излучения (используется свинец или сталь)