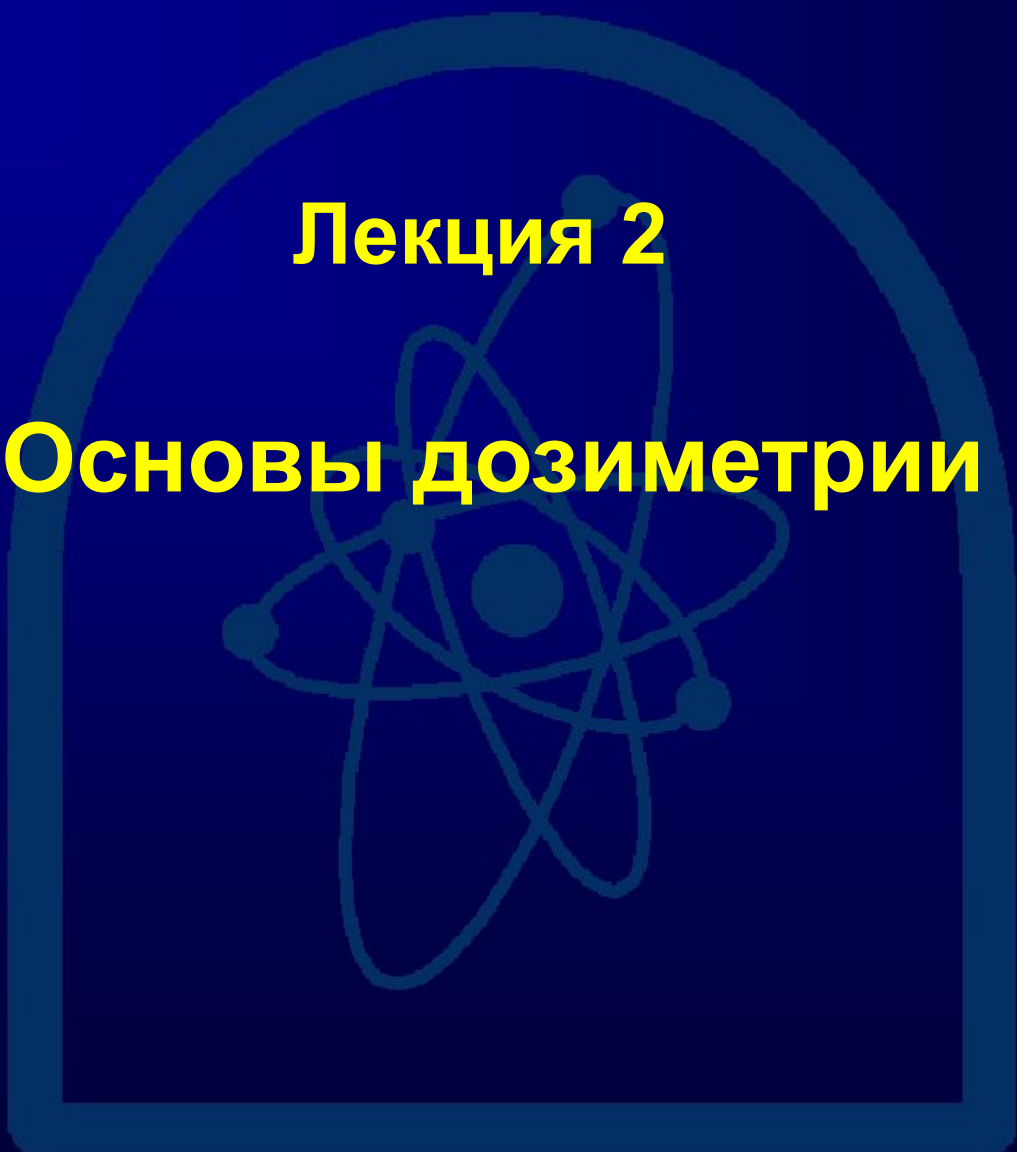


Обеспечение радиационной безопасности персонала при эксплуатации АЭС

Лекция 2

Основы дозиметрии



Содержание

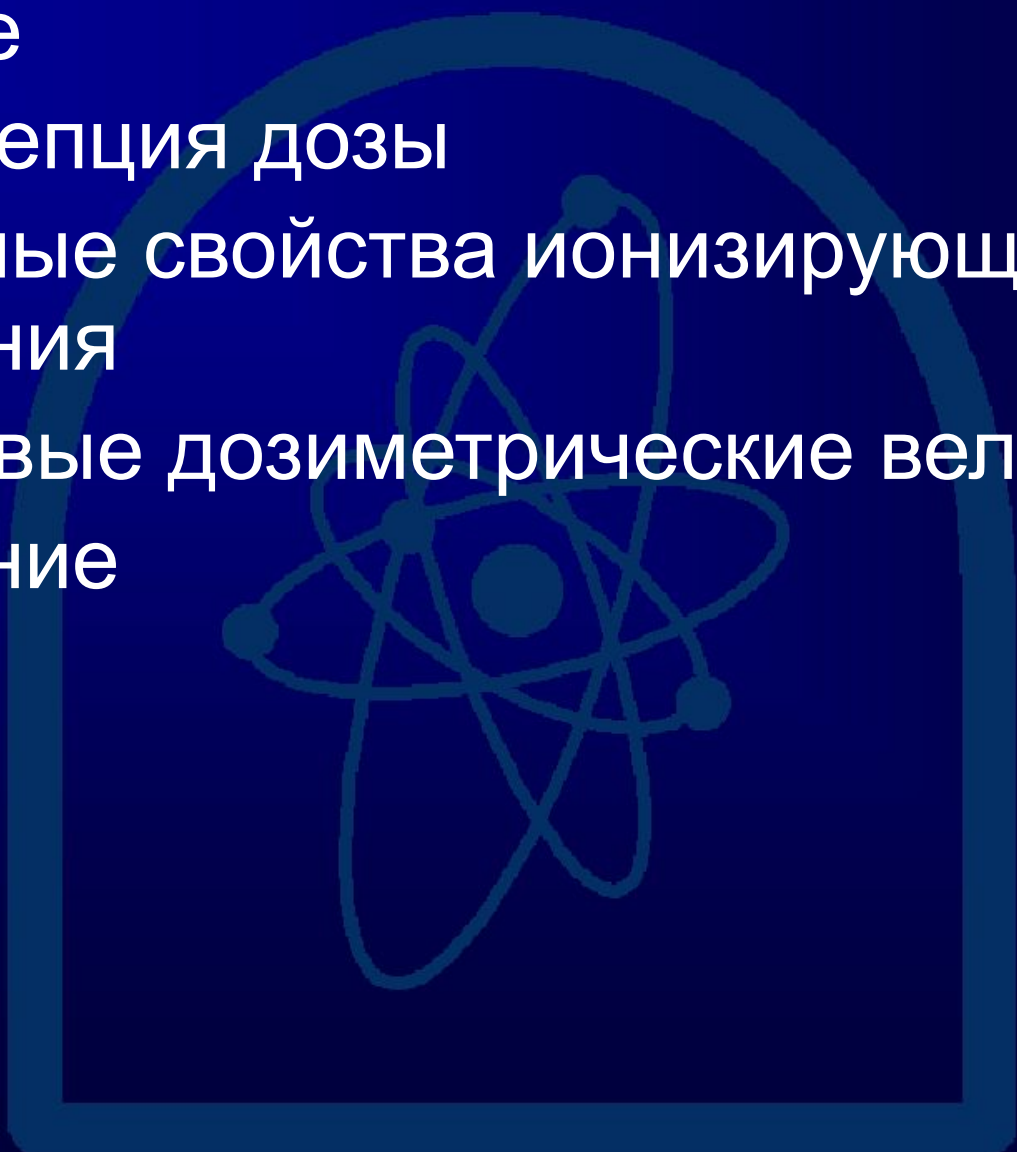
Введение

2.1. Концепция дозы

2.2. Важные свойства ионизирующего
излучения

2.3. Базовые дозиметрические величины

Заключение



Введение

Для обеспечения безопасности при использовании источников ионизирующего излучения необходимо

- распознать фактор радиационной опасности;
- охарактеризовать облучение;
- оценить риск развития эффектов излучения.



2.1. Концепция дозы

**Биологические эффекты излучения
связаны**

- **с энергией, поглощенной при ионизации и возбуждении атомов и молекул в единице массы ткани;**
- **с качеством излучения, которое зависит от микроскопического пространственного распределения энергии, переданной излучением веществу.**



Цель дозиметрии

Цель дозиметрии излучения – дать количественную характеристику облучения человека для

- анализа связи возникших эффектов с облучением;
- прогноза будущих последствий облучения;
- оценки обеспеченности радиационной безопасности.



2.2. Важные свойства ионизирующего излучения

Физические процессы, лежащие в основе явления радиоактивности и взаимодействия излучения с веществом, имеют **вероятностную природу**.

- Модели оперируют с ожидаемыми величинами – интегрируют и дифференцируют их.
- Средняя величина как результат наблюдения и математическое ожидание случайной величины не равны.



2.3. Базовые физические величины

Базовые радиометрические величины:

- активность радионуклида в источнике;
- флюенс излучения;
- энергия излучения.

Базовые дозиметрические величины:

- экспозиционная доза;
- керма;
- поглощенная доза.



Активность источника излучения

Активность источника прямо пропорциональна числу содержащихся в нем нестабильных ядер

$$A(t) = \lambda \times N(t)$$

Число радиоактивных ядер в источнике и его активность уменьшаются со временем вследствие превращения ядер

$$N(t) = N_0 \times \exp[-\lambda \times t]$$



Единица измерения радиоактивности

Единицей измерения радиоактивности источника является его **активность**, определяемая как число $d\bar{N}$ ожидаемых ядерных превращений в единицу времени dt :

$$A = \frac{d\bar{N}}{dt}$$

Единицей активности является **беккерель (Бк)**

1 беккерель = 1 ядерное превращение в секунду.

Ранее единицей активности была **кюри (Ки)**

1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк.



Радиоактивность вокруг человека

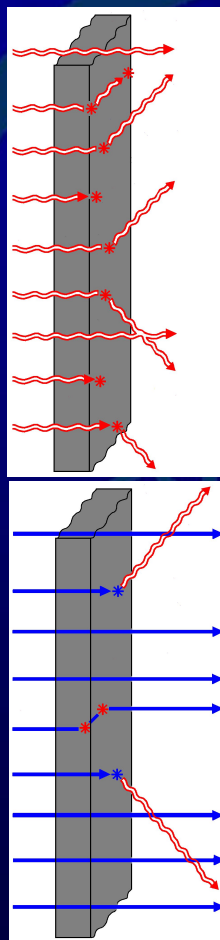
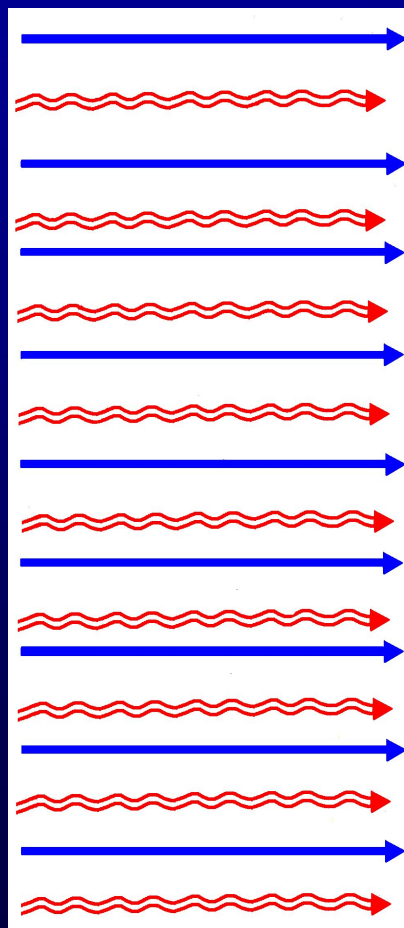
Природные и другие вещества	Активность
1 взрослый человек с массой 100 кг	7000 Бк
1 кг молотого кофе	1000 Бк
1 кг суперфосфатного удобрения	5000 Бк
Воздух в 1м ³ европейских домов (радон)	30000 Бк
1кг угольной золы	2000 Бк
1кг гранита	1000 Бк



Поле ионизирующего излучения

Вакуум

Свинец



Характеристики поля
ионизирующего
излучения:

- тип излучения
- направление распространения излучения
- энергия излучения
- флюенс излучения



Тип и энергия излучения

Существует две основных группы излучения:

- **заряженные частицы**, которые напрямую ионизируют среду, через которую они проходят;
- **незаряженные частицы и фотоны**, которые вызывают ионизацию только косвенно, создавая в среде излучение вторичных заряженных частиц.

Единица энергии излучения – электронвольт (**эВ**):

$$1 \text{ кэВ} = 1\ 000 \text{ эВ}$$

$$1 \text{ МэВ} = 1\ 000\ 000 \text{ эВ}$$



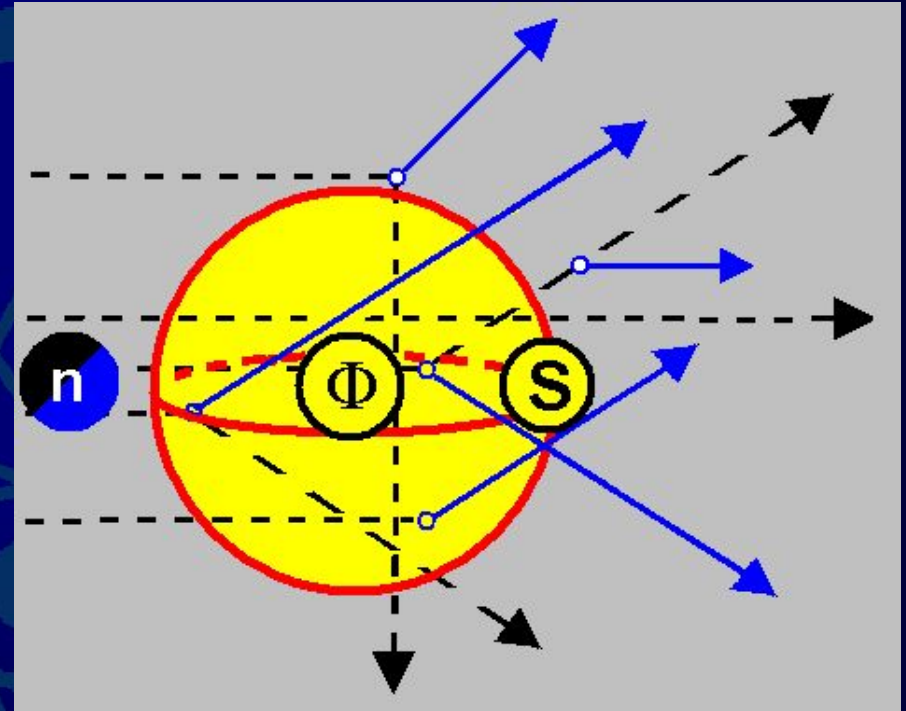
Флюенс излучения

Флюенс излучения — среднее число частиц или фотонов, которые проникают в элементарную сферу, деленное на площадь поперечного сечения сферы:

$$\Phi = \frac{dN}{dS}$$

Мощность флюенса излучения: (плотность потока излучения)

$$\phi = \frac{d\Phi}{dt}$$

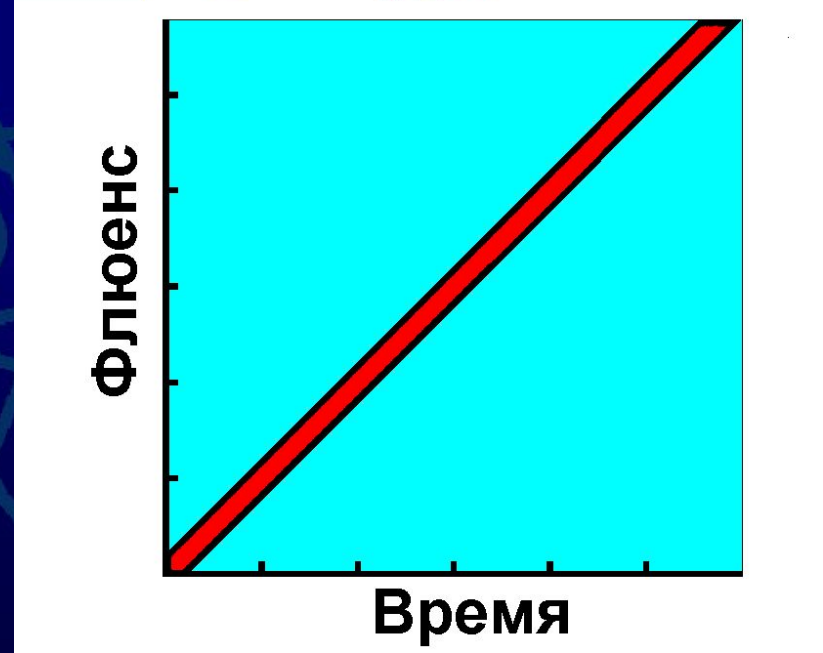
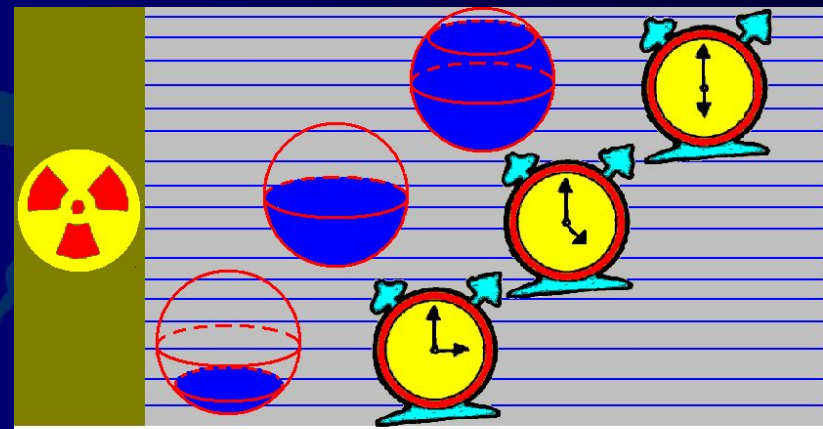


Временной интеграл плотности потока

$$\Phi = \int_{t_1}^{t_2} \varphi(t) dt$$

Если плотность потока частиц является величиной постоянной, то флюенс есть произведение плотности потока излучения и времени облучения:

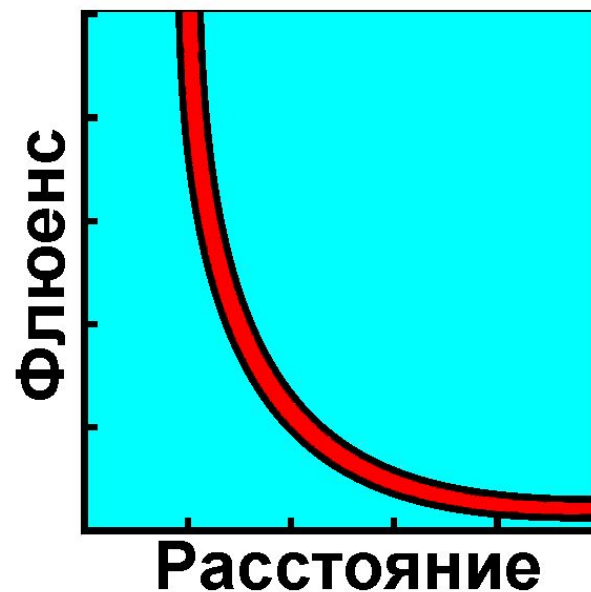
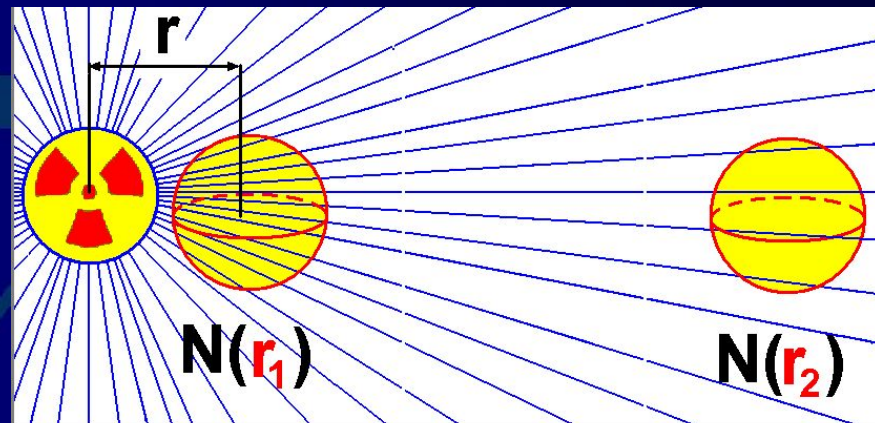
$$\Phi = \varphi \times (t_2 - t_1)$$



Распространение излучения

Плотность потока
частиц излучения
точечного изотропного
радиоактивного
источника
пропорциональна
активности источника
и обратно
пропорциональна
квадрату расстояния
от него:

$$\Phi_R(r) = AY_R \frac{1}{4\pi r^2}$$



Длина свободного пробега

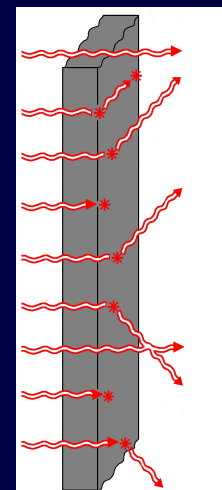
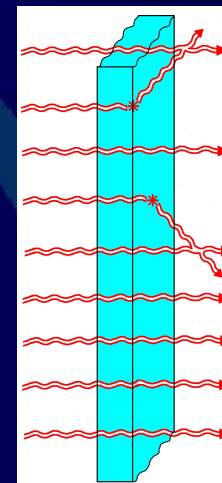
Длина свободного пробега (ДСП) количественно характеризует вероятность взаимодействия косвенно ионизирующих частиц с веществом.

Излучение	ДСП (вода)
Фотоны ^{60}Co	16 см
Нейтроны деления	8 см

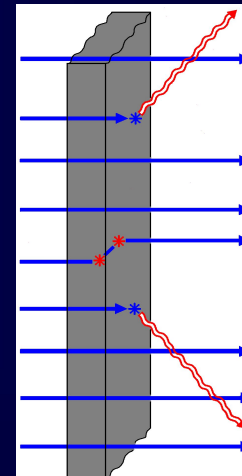
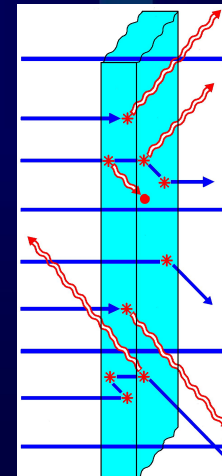
ФОТОНЫ

Вода

Свинец



НЕЙТРОНЫ

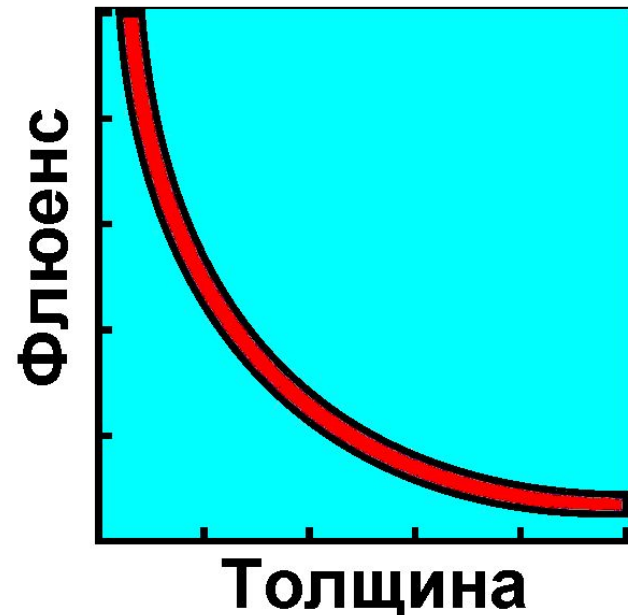
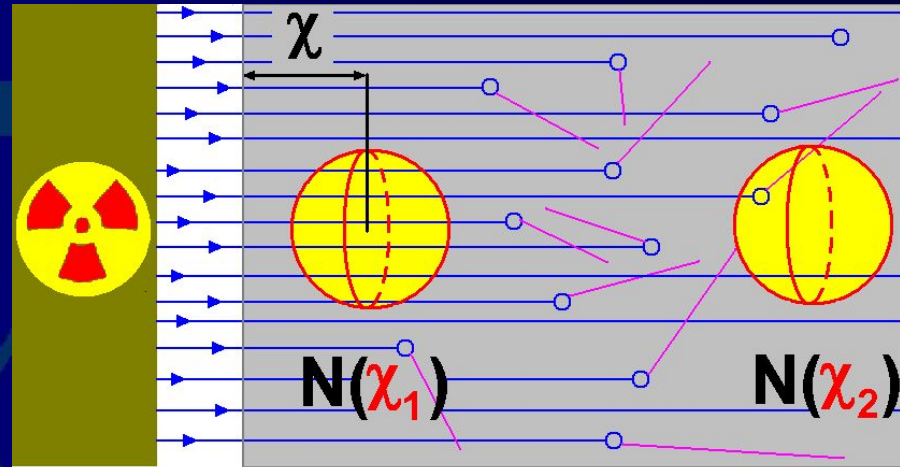


Ослабление излучения

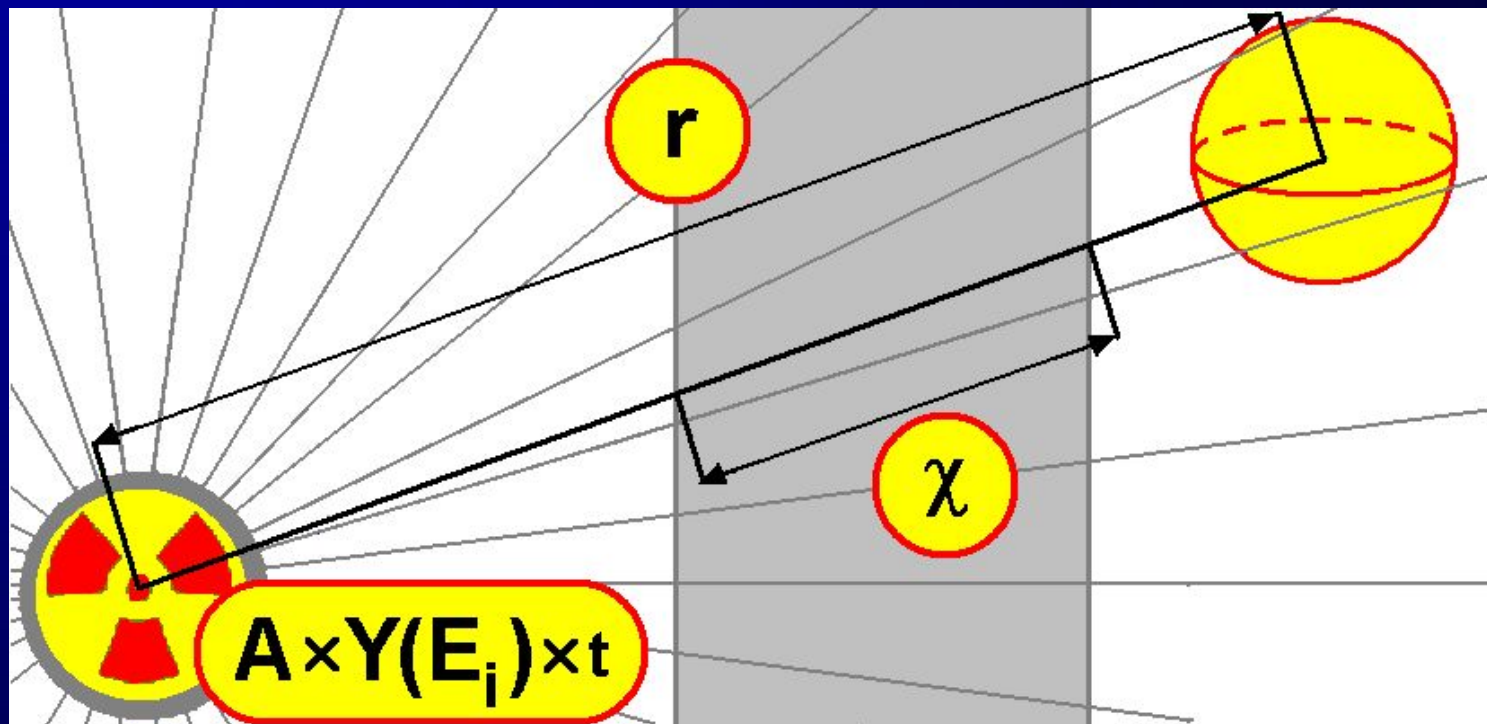
Интенсивность фотонного и нейтронного излучения уменьшается за счет поглощения в веществе.

Уменьшение флюенса фотонов характеризует линейный коэффициент ослабления μ_l :

$$\Phi(x) = \Phi_0 \exp\{-\mu_l x\}$$



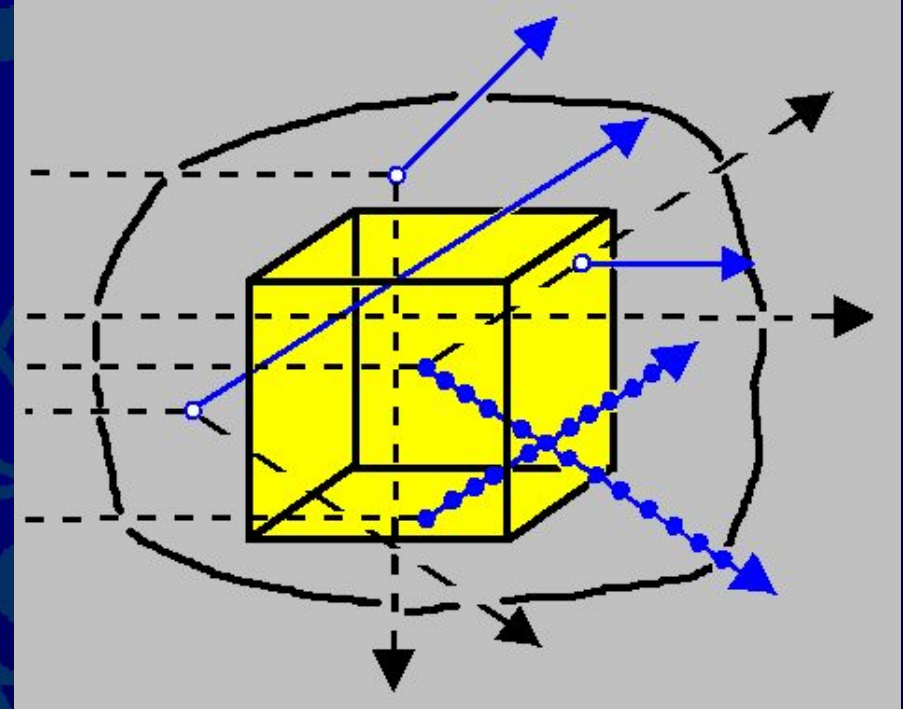
Флюенс в точке



$$\Phi(\chi, r, t, E_R) \approx [AY_R t] \times \left[\frac{1}{4\pi r^2} \right] \times [\exp\{-\mu_l(E_R)\chi\}]$$

Экспозиционная доза

Экспозиционная доза
– мера ионизации,
произведенной
фотонами в воздухе.
**Определена только
для поля фотонного
излучения.**

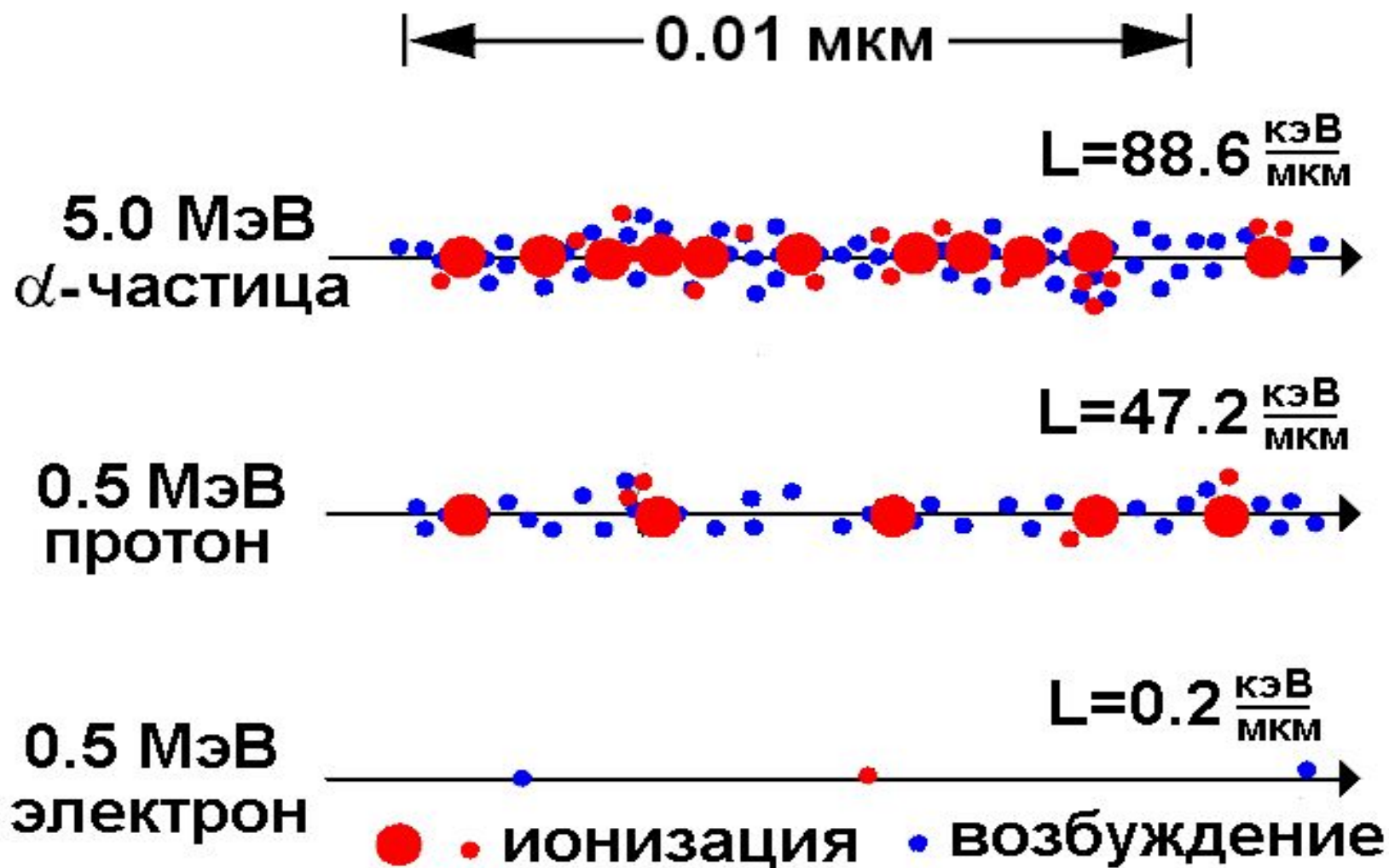


$$X = \frac{d\bar{Q}}{dm}$$

Традиционная единица
рентген (Р)

$$1 \text{ Р} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

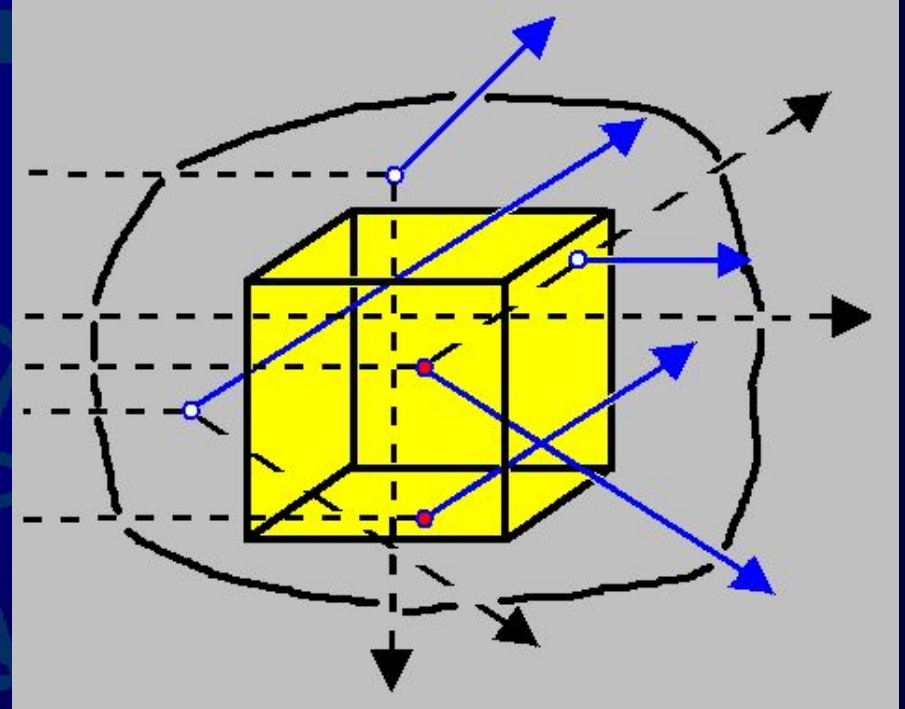
Линейная передача энергии



Керма

Мера энергии
заряженных частиц,
высвобожденных в
веществе косвенно
ионизирующим
излучением.

Для фотонов керма в
воздухе заменяет
экспозиционную дозу

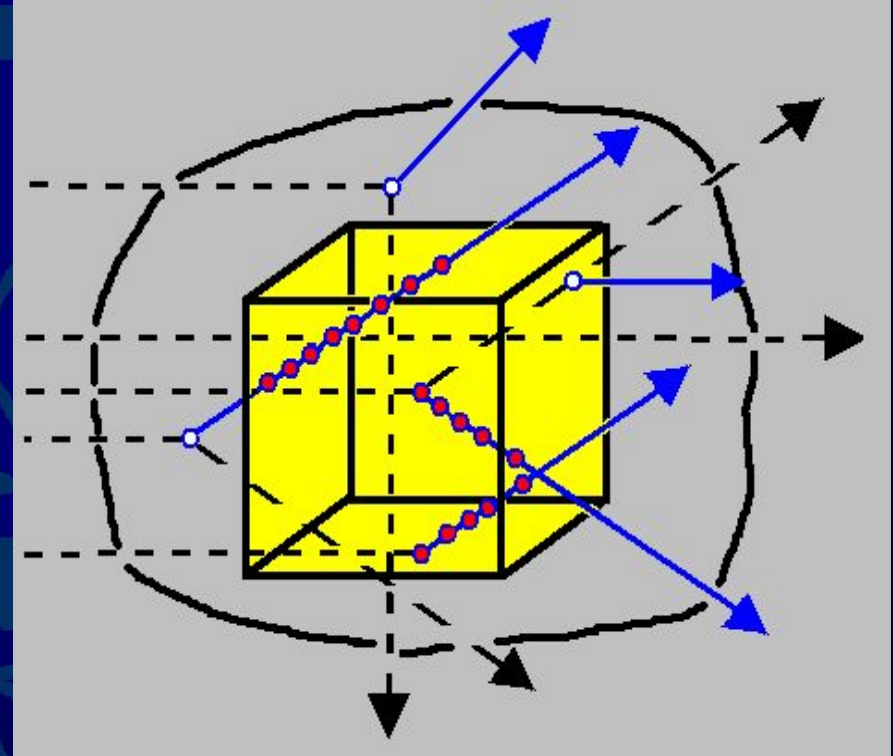


$$K = \frac{d\bar{E}_{tr}}{dm}$$

Единица СИ
грей (Гр)
1 Гр = 1 Дж/кг

Энергия, переданная веществу

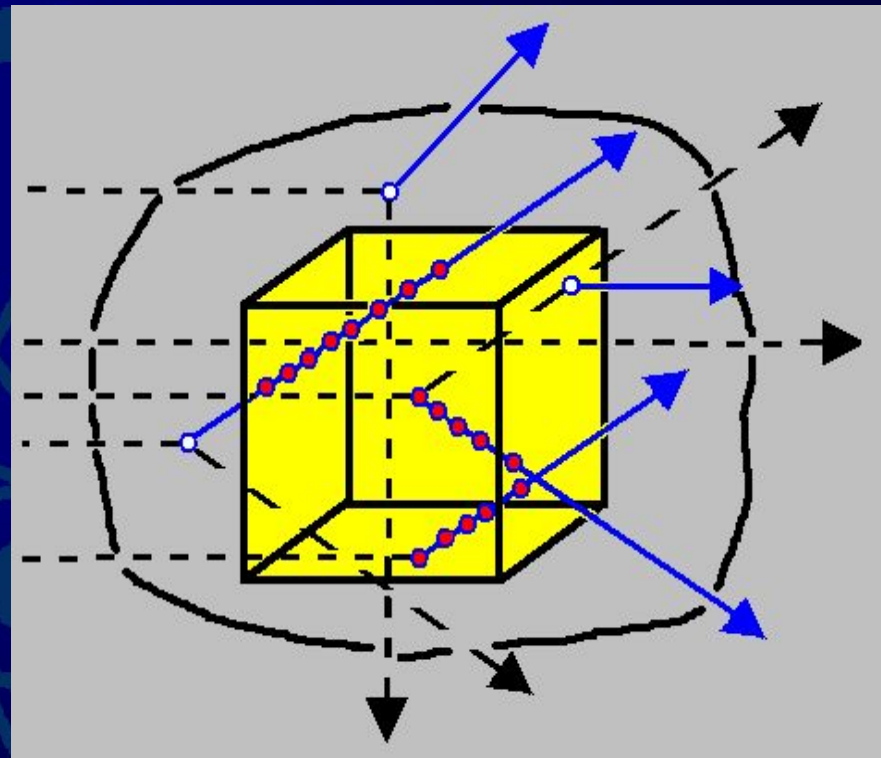
Энергия, переданная ионизирующим излучением веществу в объеме, является разницей между суммой кинетических энергий всех **ионизирующих частиц**, которые попали в объем, и суммой энергий всех тех частиц, которые покинули этот объем.



Поглощенная доза

Поглощенная доза –
мера энергии
ионизирующего
излучения, переданная
веществу:

$$D = \frac{d\bar{E}_{im}}{dm}$$



Единица СИ

грей (Гр)

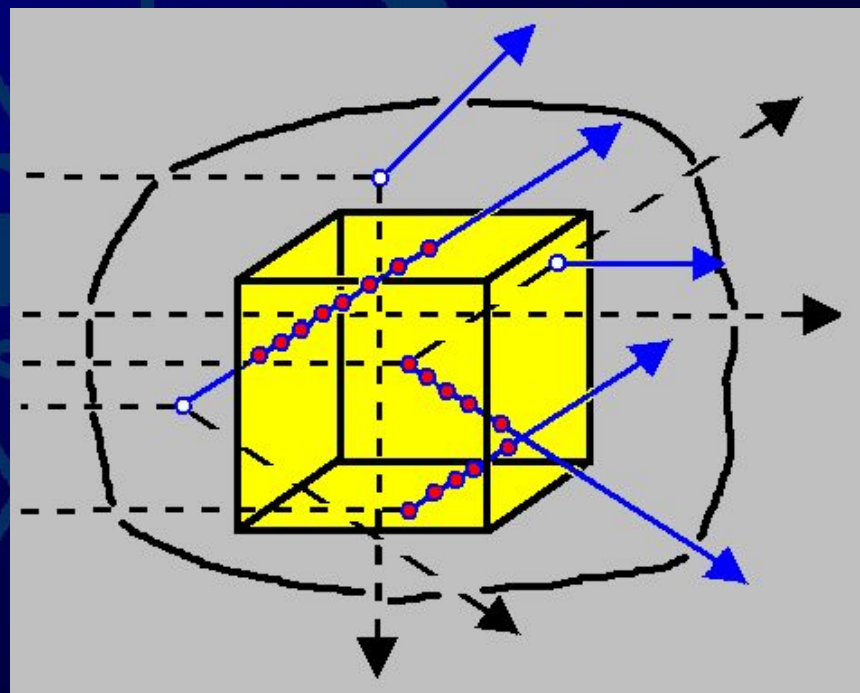
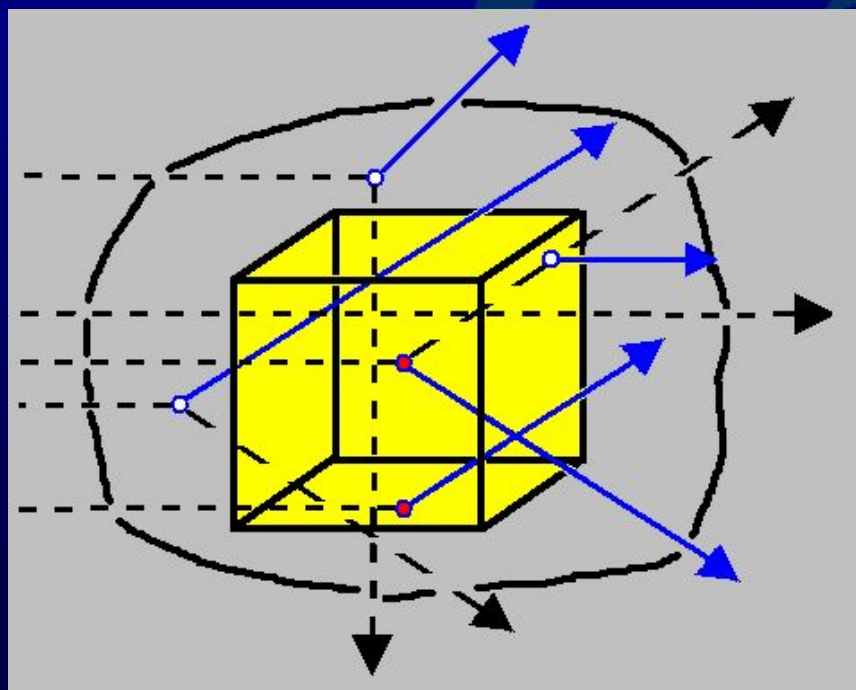
1 Гр = 1 Дж/кг

Базовые дозиметрические величины

ЭНЕРГИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

поглощенная
веществом

переданная
ограниченному
объему вещества



Керма

Поглощенная доза



Заключение

Для оценки биологического действия нас интересует ионизирующая способность излучения, поэтому в характеристике передачи энергии излучения веществу рассматривается только та часть энергии, потерянной излучением, которая пошла на ионизацию и возбуждение атомов и молекул.

Базовые дозиметрические величины являются мерой взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и передачи энергии излучения веществу.

