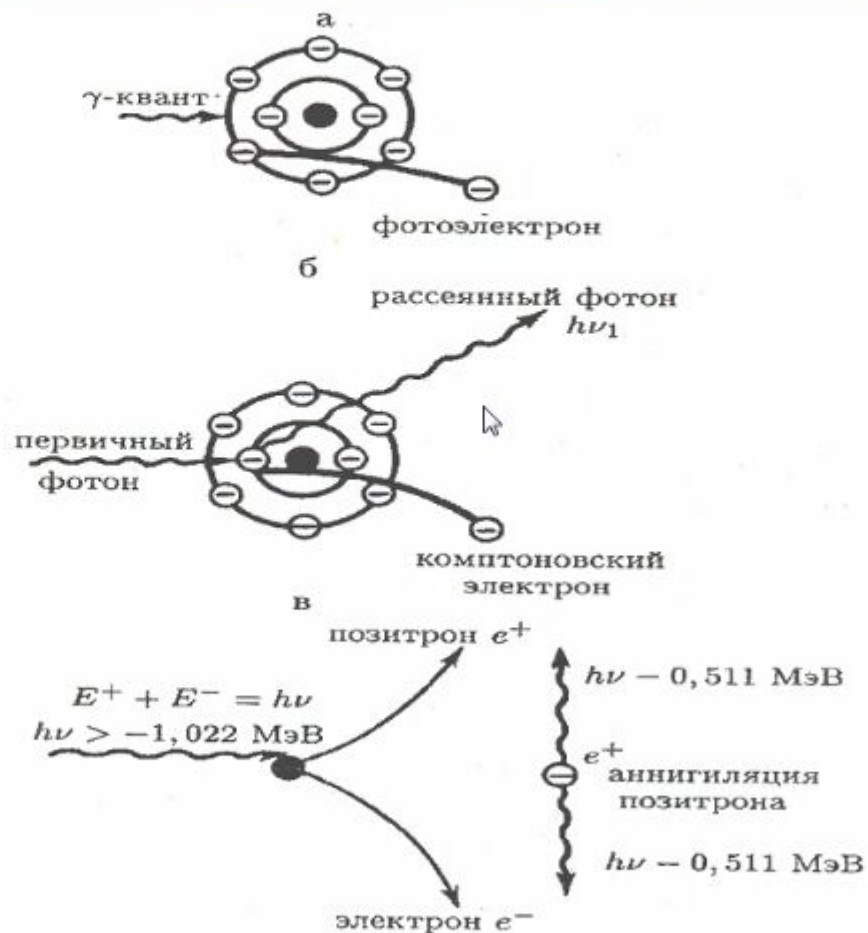


Основные процессы поглощения энергии фотонов высокоэнергетических эми



Взаимодействие эми с веществом

Поглощение энергии эми в веществе осуществляется за счет:

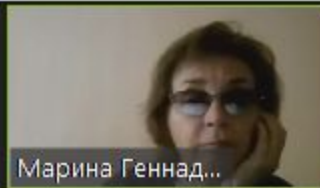
- **фотоэлектрического поглощения (фотоэффекта);**
энергия фотона до 0,05 МэВ
- **комptonовского рассеяния (комpton эффекта);**
энергия фотона от 0,1 МэВ
- **образование электрон-позитронных пар (образование пар);**
энергия фотона от 1,022 МэВ

В результате взаимодействия эми с веществом:

- ☞ Фотон либо поглощается целиком (ФЭ, ОП, фотоядерные реакции), либо теряет часть своей энергии (рассеяние)**
- ☞ Возникают вторичные корпускулярные и э/м излучения.**
- ☞ Рентгеновские и γ -излучения - косвенно ионизирующие излучения**

**При прохождении эми
вещество происходит у
плотности потока излу
ослабление пучка.**

Кирилл Серов

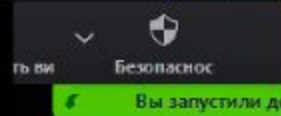


Марина Геннад...

Александра Ла...

Алина Сиротина

Полина Сан...



Ослабление потока

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

(уравнение Бугера),

I_x - интенсивность потока, прошедшего через вещество толщиной x

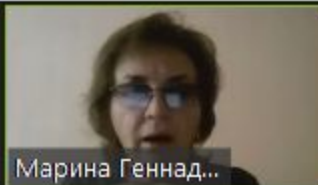
I_0 - интенсивность падающего пучка

μ - линейный коэффициент ослабления, характеризует поглощающую способность вещества.



➤ Наиболее эффективно экранируют эти материалы содержащие тяжелые металлы (свинец)

Кирилл Серов



Марина Геннад...

Александра Ла...

Алина Сиротина

Полина Сан...

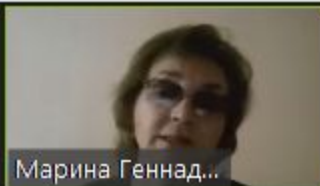


Защита от внешнего ионизирующего изл

**Защита от внешнего облучения
на трех принципах:**

- **защита экранированием;**
- **защита расстоянием (интенс
излучения обратно зависима
расстояния до источника);**
- **защита временем (продолжи
действия ии должна быть ми**

Кирилл Серов

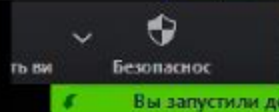


Марина Геннад...

Александра Ла...

Алина Сиротина

Полина Сан...



Нейтроны

- ❖ **Незаряженные частицы, возникающие в ядерных реакциях при:**
- ✓ **делении ядер тяжелых элементов (др.),**
- ✓ **бомбардировке ядра соответствующей заряженной частицей или фотонной энергией,**
- ✓ **синтезе ядер легких элементов (термоядерного синтеза, лития).**

- ❖ **Нейтроны могут беспрепятственно проникать внутрь атомов**
- ❖ **Нейтроны, как и эми, относятся к косвенно ионизирующим видам излучения.**

Классификация нейтронов

По уровню энергии нейтроны могут быть разделены на следующие группы:

тепловые	($E < 0,1$ эВ)
медленные	($E = 0,1$ эВ – 500 эВ)
промежуточные	($E = 0,5$ – 100 кэВ)
быстрые	($E = 0,1$ – 10 МэВ)
очень больших энергий	($E > 10$ МэВ)

Значения W_r при расчете эквивалентной дозы

Вид излучения	W_r
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
Нейтроны с энергией 10-100 кэВ	10
Нейтроны с энергией 0,1- 2 МэВ	20
Нейтроны с энергией 2 - 20 МэВ	10
Нейтроны с энергией более 20 МэВ	5

Взаимодействие нейтронов с веществом

При прохождении нейтронов через
вещество они

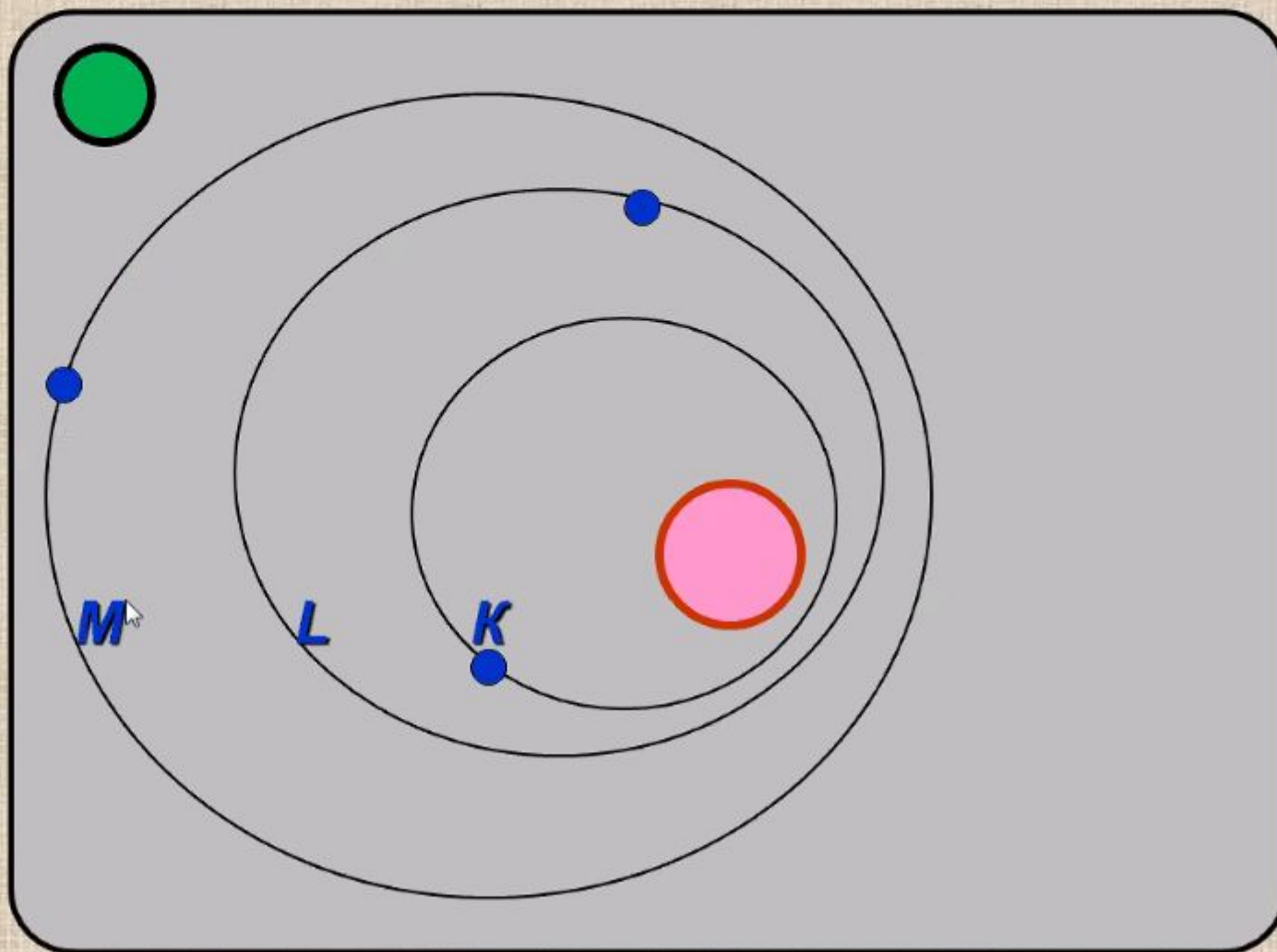
отталкиваются от ядер (упругое и
неупругое рассеяние)

поглощаются ядрами вещества

- **При упругом рассеянии $E_{\text{кин}}$ нейтрона распределяется между нейтроном и ядром отдачи или протоном отдачи.**
- **Это основной путь потери энергии нейтронами деления и синтеза ядер.**
- **В среде с легкими ядрами быстрые нейтроны испытывают только упругое рассеяние.**
- **Вещества, используемые для замедления быстрых нейтронов, называются замедлителями.**

Оставшееся время конференции: 03:03

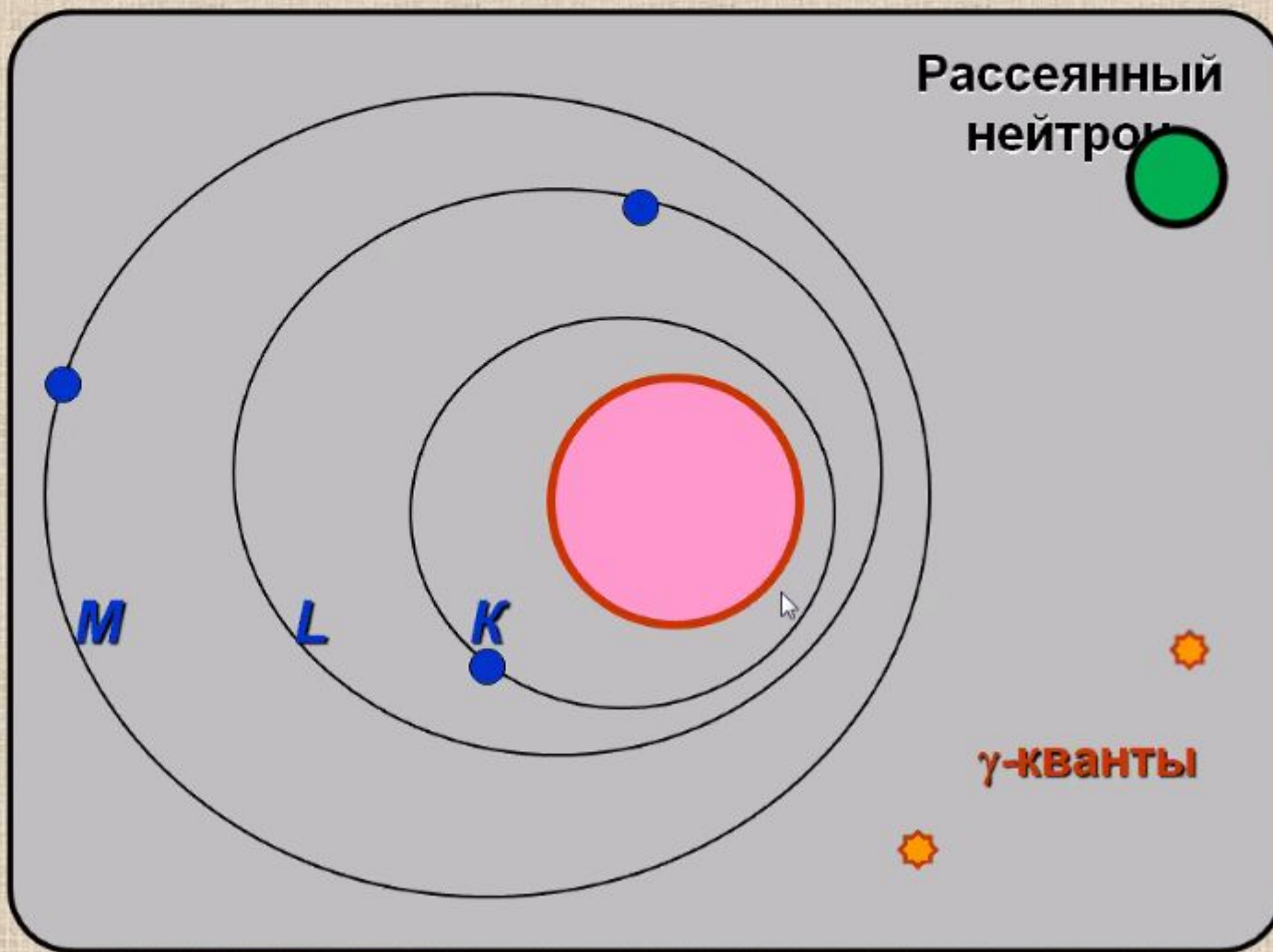
УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ



- **При неупругом рассеянии**
 - **часть энергии передается ядру, на его возбуждение;**
 - **испускается γ -квант (сначала возбужденным, а затем вернувшись в основное состояние, ядром атома отдачи).**

Меньше 1 минуты

НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ

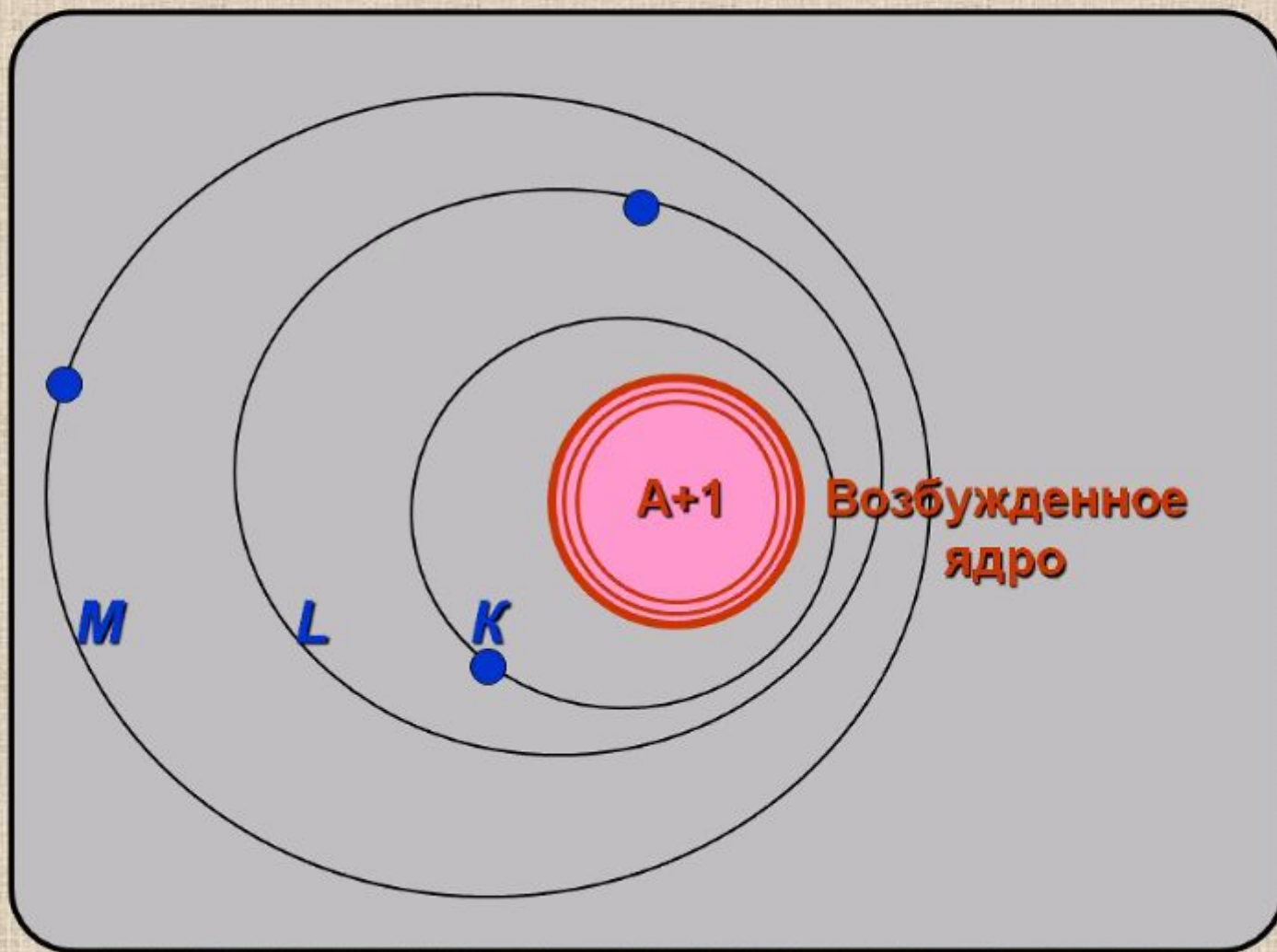


Рассеянный
нейтрон

γ-кванты

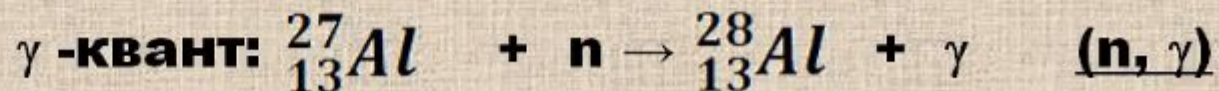
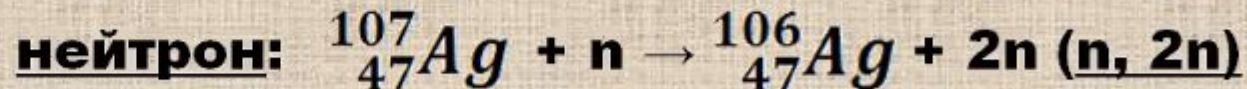
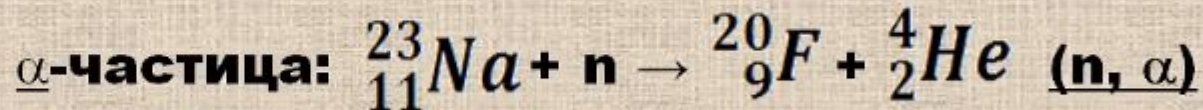
- **Быстрые нейтроны (с энергией несколько МэВ) при прохождении через среду с тяжелыми ядрами испытывают одно-два неупругих столкновения, теряя значительную долю своей энергии, а затем уже взаимодействуют упруго.**

ПОГЛОЩЕНИЕ

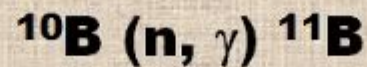
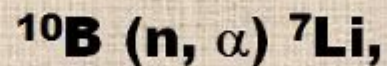
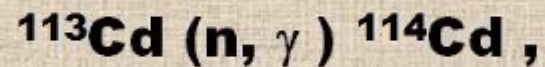


Типы ядерных реакций

В результате поглощения нейтрона ядром (или радиационного захвата) испускаются частицы, γ -квант.



- **Способность ядер поглощать нейтроны используется при выборе защиты от нейтронного излучения.**
- **Хорошими веществами-поглотителями медленных нейтронов являются изотопы кадмия и бора:**



Защита от нейтронов

- Замедление быстрых нейтронов**
(используют вещества, содержащие легкие атомы: вода, парафин, пластмасса, графит)
- Поглощение медленных нейтронов**
(реакции радиационного захвата с бором, кадмием)
- Ослабление гамма-излучения**
(используют материалы, содержащие тяжелые металлы)

Ускоренные заряженные частицы

Излучения, вызываемые узч имеют место:

- **при ядерных перестройках,**
- **при взаимодействии с атомами вещества эми высоких энергий и нейтронов,**
- **в результате работы специально предназначенных для этого устройств: циклотронов, ускорителей и т.д.**

Подавляющее число частиц взаимодействуют с электронными оболочками; отдельные узч могут проникать в ядра атомов и вызывать там ядерные реакции.

Виды взаимодействия узч

Узч взаимодействуют с веществом за счет

- **упругого и неупругого рассеяния,**
- **аннигиляции,**
- **ионизации и возбуждения**

- Упругое рассеяние - изменение траектории заряженной частицы в результате притяжения ядер и соударения с электронами оболочки без потери энергии.
- Неупругое рассеяние (или торможение) наблюдается при прохождении e^- с очень высокой энергией (выше 1МэВ) вблизи ядра атома.

- Аннигиляция происходит в веществах с позитронной активностью.
- Ионизация и возбуждение атомов и молекул – основной путь потери энергии узч в веществе.

Ионизация и возбуждение

При взаимодействии с **узч** вероятность перехода атомов вещества в **возбужденное состояние** или их **ионизация** возрастает

- ✓ при увеличении длительности/интенсивности возмущения;
- ▶ *Медленные частицы вызывают больше переходов, чем быстрые.*

- ✓ многократно заряженные больше, чем однократно заряженные;
- ✓ масса частицы не оказывает влияния на эти эффекты.

▶ *При равных скоростях электроны и протоны переносят веществу одинаковое количество энергии.*

Линейная потеря энергии

→ Узч, взаимодействуя с веществом, оставляют в нем ионизационный след.

Этот след - трек заряженной частицы.

→ Треки различных видов узч при одной и той же поглощенной дозе сильно отличаются.

→ Это отличие обусловлено различной линейной потерей энергии (ЛПЭ) частицами.



ЛИНЕЙНАЯ ПОТЕРЯ ЭНЕРГИИ

ЛПЭ – среднее количество энергии, передаваемой заряженной частицей веществу на единицу длины пройденного в нем пути

$$\text{ЛПЭ} = dE / dx ,$$

dE – энергия частицы, кэВ;

dx – длина пробега частицы в веществе, мкм

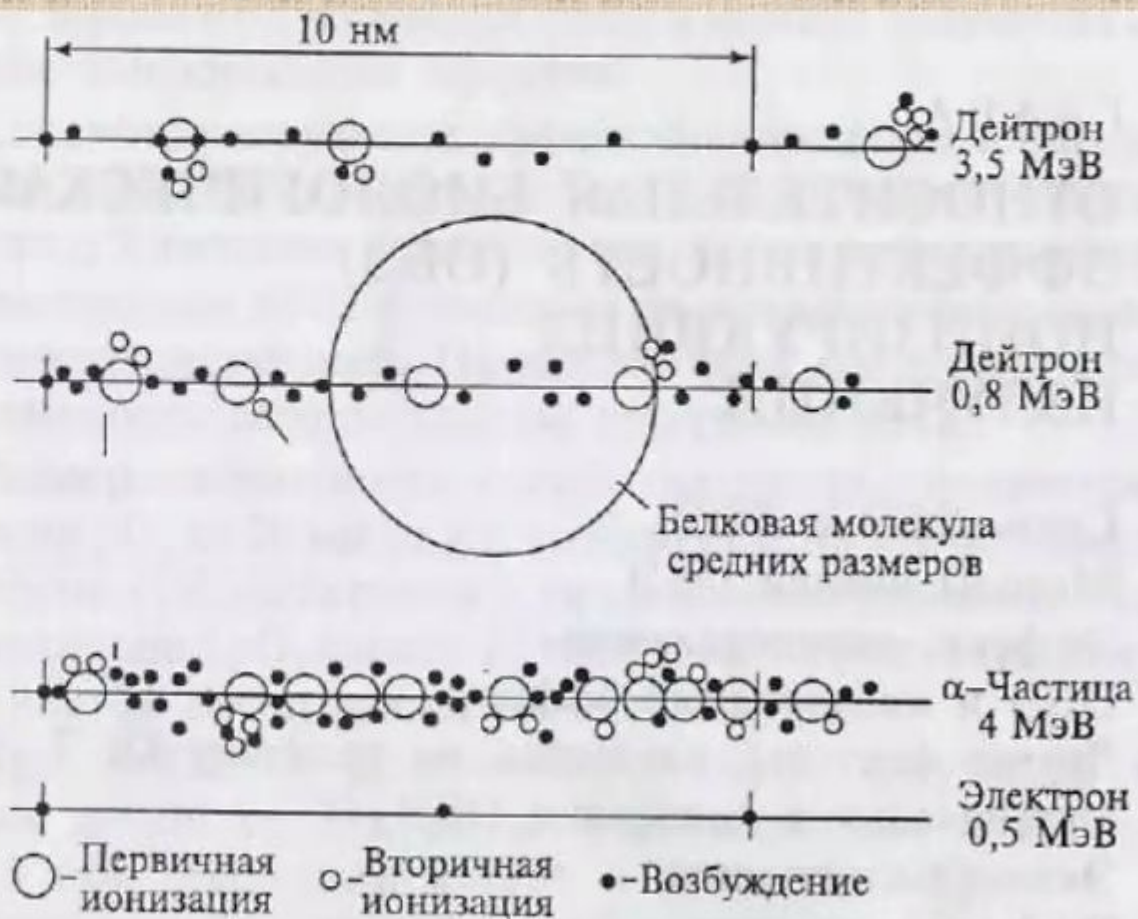
ЛПЭ зависит от вида излучения и плотности вещества.

По величине ЛПЭ излучения делят на:

редкоионизирующие
плотноионизирующие

- К редкоионизирующим относят излучения, имеющие ЛПЭ менее 10 кэВ/мкм (β -, γ -, R-излучения).
- К плотноионизирующим - ЛПЭ >10 кэВ/мкм (протоны, др.тяжелые частицы, нейтроны).

Плотность ионизации различных видов ионизирующего излучения



Линейная плотность ионизации

- **ЛПИ** - среднее число пар ионов, образованных на единицу пути частицы

$$\text{ЛПИ} = \text{ЛПЭ} / W ,$$

W – энергия для образования одной пары ионов, 34 эВ

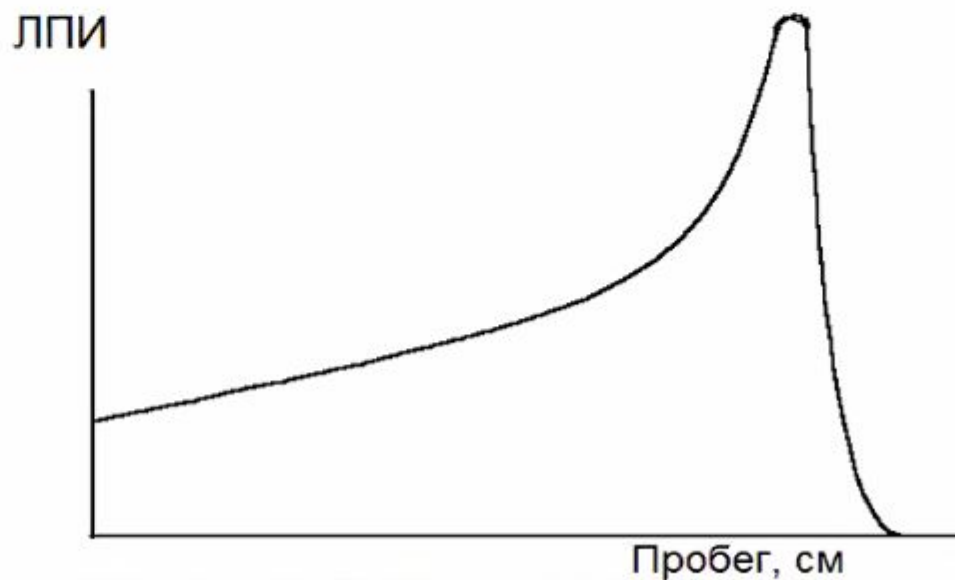
- **ЛПИ** количественно характеризует ионизирующую способность излучения

ЛШ:

α -	40 000
протоны	10 000
β -	400
R-, γ	5

Характер изменений ЛПИ узч в среде описывается кривой **Брэгга**

Наибольшая удельная ионизация отмечается в последней трети длины пробега частицы.



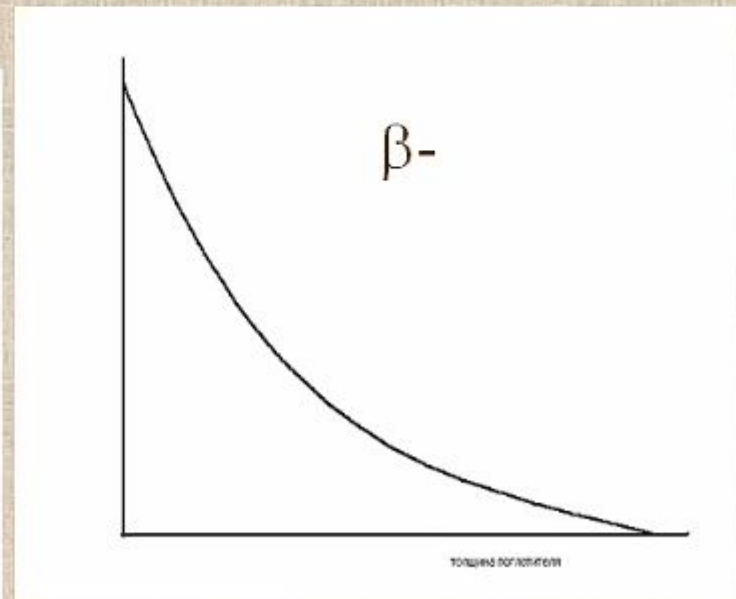
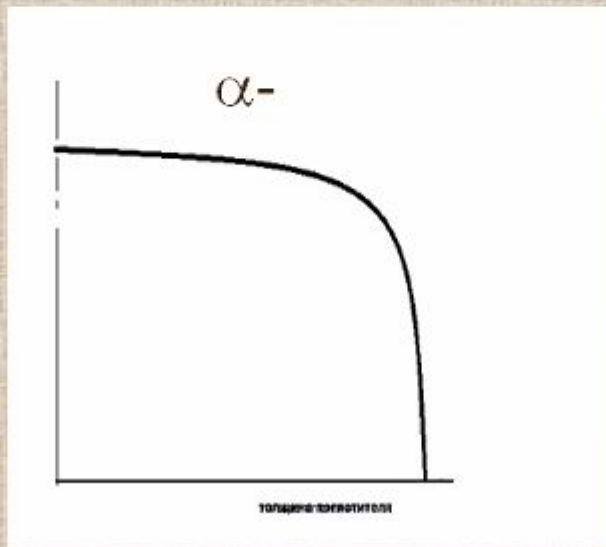


Проникающая способностью излучений

- ❏ Редкоионизирующие и нейтронные излучения отличаются высокой проникающей способностью
- ❏ Плотнoионизирующие и. проникают в ткани на небольшую глубину
- ❏ Излучения с высокой проникающей способностью представляют опасность при внешнем облучении

Защита от излучений узч

В отличие от γ - лучей, для α - и β - частиц всегда можно подобрать такой слой вещества, в котором поток частиц полностью поглощается.



Оценка эффективности действия ионизирующих излучений

Учитывают:

- активность нуклида в радиоактивном источнике
- экспозиционную дозу (дозу **излучения**), т.е. поглощение ионизирующего излучения в воздухе
- поглощенную дозу (дозу **облучения**), т.е. поглощение энергии излучения объектом. В биологическом объекте – эквивалентная доза