



**ВОЛГОГРАДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА
ПАТОФИЗИОЛОГИИ,
КЛИНИЧЕСКОЙ
ПАТОФИЗИОЛОГИИ**



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ

**Лекция по дисциплинам «Радиобиология» и
«Общая и медицинская радиобиология»
для студентов, обучающихся по
специальностям
«Медико-профилактическое дело» и
«Медицинская биохимия»**

Лектор:

**доцент кафедры патофизиологии, клинической
патофизиологии, к.м.н. Е.А. Музыко**

Цель лекции:



изучить особенности взаимодействия заряженных частиц с веществом.



Вопросы лекции:

1. Взаимодействие с веществом ускоренных заряженных частиц.
2. Линейная передача энергии. Плотно- и редкоионизирующие излучения.



1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВЕЩЕСТВОМ УСКОРЕННЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.



УСКОРЕННЫЕ ЗАРЯЖЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ

ГЕНЕРИРОВАНИЕ УСКОРЕННЫХ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
ПРОИСХОДИТ

при ядерных
перестройках

при взаимодействии с
атомами вещества
электромагнитных
излучений высоких
энергий и нейтронов

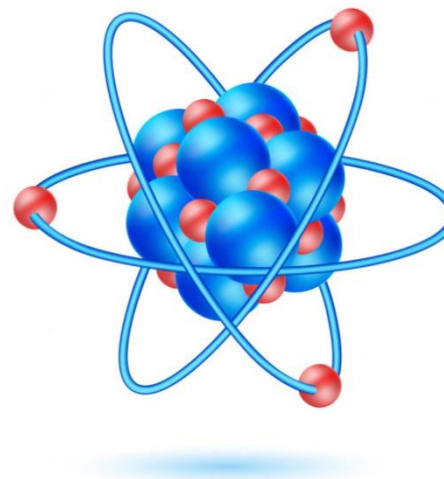
в результате работы
специально
предназначенных для
этого устройств —
циклотронов,
ускорителей и т. п.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВЕЩЕСТВОМ УСКОРЕННЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ



При прохождении через вещество ускоренные заряженные частицы могут принять участие в ряде процессов, важнейшие из которых следующие:

1. Упругое рассеяние
2. Неупругое торможение
3. Аннигиляция
4. Ионизация и возбуждение атомов





Упругое рассеяние

изменение траектории заряженной частицы в результате притяжения ядер без потери энергии.

- Чем больше масса частицы, тем меньше ее отклонение от прямого направления. Поэтому траектории альфа-частиц практически прямолинейны, а траектории электронов всегда изломаны.
- При этом рассеянные бета-частицы летят во все стороны и могут являться источником поражения людей, находящихся вблизи материала, на который падает поток бета-частиц, даже если этот поток непосредственно на человека не попадает.



Неупругое торможение

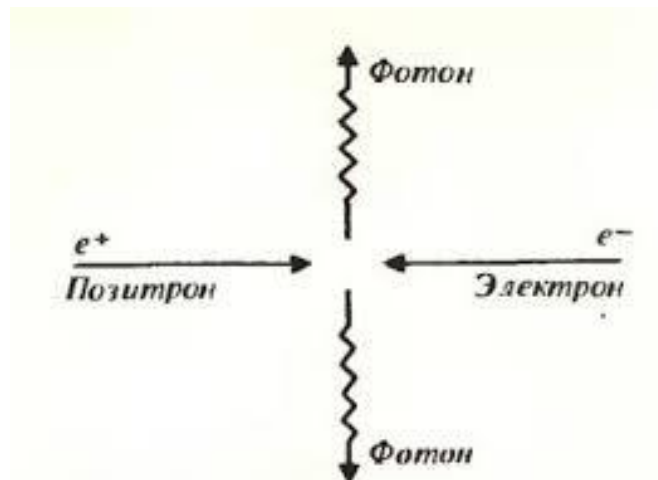
*(или неупругое рассеяние) наблюдается при прохождении электронов очень высокой энергии (выше 1 МэВ) вблизи ядра атома. Электрон при этом теряет скорость, и часть его энергии испускается в виде фотонов **тормозного излучения**, летящих в том же направлении, что и электрон.*

- Следовательно, при прохождении электронов высокой энергии через вещество происходит образование вторичного электромагнитного излучения.
- В связи с этим даже чистые бета-излучатели требуют при хранении и перевозке достаточно серьезной защиты (например, свинцовой оболочки).

Аннигиляция

происходит в веществах с позитронной (бета-плюс) активностью. Сущность этого процесса заключается в том, что при столкновении позитронов с электронами атомной оболочки частицы превращаются в два гамма-кванта с энергией 0,511 МэВ каждый.

- Поэтому все позитронно-активные изотопы являются одновременно источниками вторичного гамма-излучения.



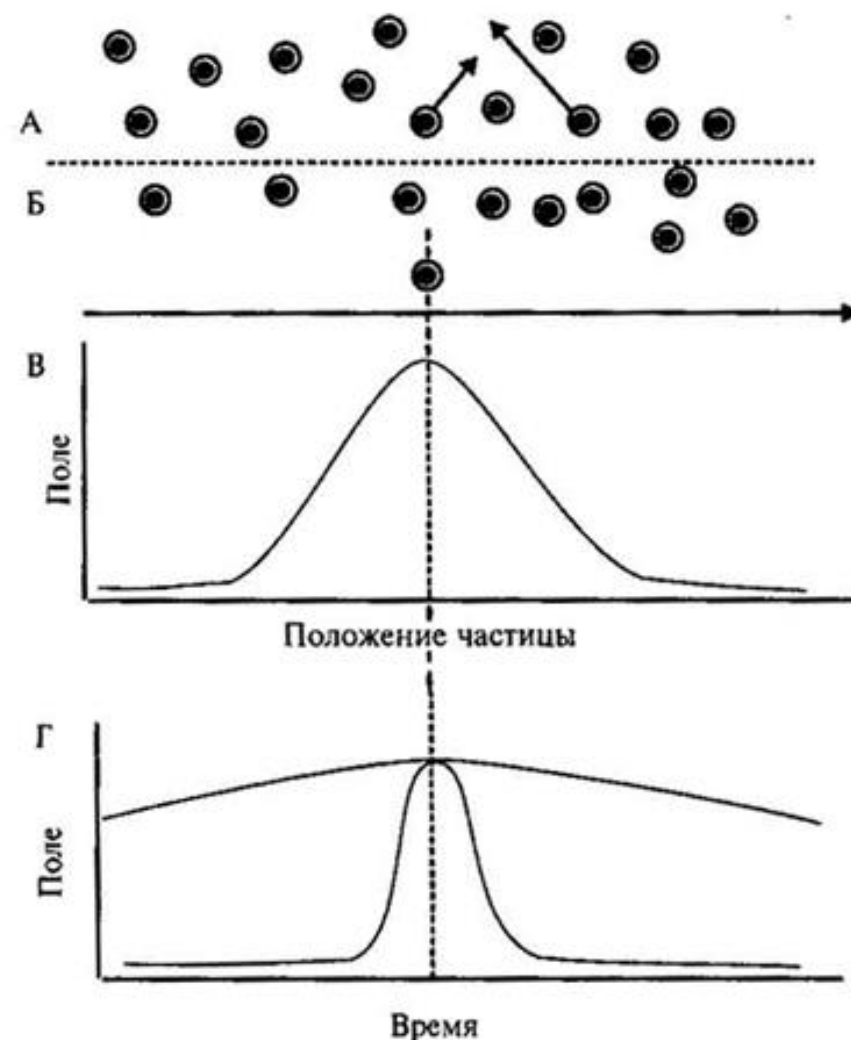


Ионизация и возбуждение атомов

происходят в результате непосредственного взаимодействия заряженной частицы с электронами оболочек атомов.

- Для ускоренных заряженных частиц — это основной путь потери энергии в веществе. При этом процессе ускоренная заряженная частица теряет свою энергию на выбивание с атомных оболочек электронов, переходящих либо в состояние с более высокой энергией (возбуждение), либо полностью отрывающихся от ядра (ионизация).
- Затем атом возвращается в нормальное состояние, испуская при этом фотоны видимого или ультрафиолетового излучения (если электрон был выбит с внешней оболочки) или характеристического рентгеновского излучения (если электрон был выбит с внутренних оболочек атома).
- Результатом действия ускоренной заряженной частицы на атом является его переход в возбужденное или ионизированное состояние.

**Модель, поясняющая
характер
взаимодействия
ускоренных
заряженных частиц с
атомом
(по Г. Дертингеру и Х.
Юнгу, 1973)**



А — частица проходит через некоторую совокупность атомов, производя несколько ионизаций и возбуждений; Б — атом и частица, проходящая мимо него;
В — зависимость величины поля, создаваемого в атоме быстрой заряженной частицей, от положения частицы; Г — зависимость того же поля от времени



Возбуждение и ионизация атомов и молекул качественно не зависят от вида ускоренной заряженной частицы.



2. ЛИНЕЙНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ. ПЛОТНО- И РЕДКОИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ.



Линейная передача энергии (ЛПЭ) — это среднее количество энергии, передаваемой заряженной частицей веществу на единицу длины пройденного в нем пути:

$$\text{ЛПЭ} = dE/dx,$$

где E — энергия частицы, эВ;

x — длина пробега частицы в веществе, мкм.

ЛПЭ зависит от вида излучения и плотности вещества. Значения этого показателя, приводимые в справочных таблицах, обычно соответствуют величине ЛПЭ конкретного излучения в воде.



Зная ЛПЭ, можно определить среднее число пар ионов, создаваемых частицей или квантом на единице пути в веществе. Этот показатель, количественно характеризующий ионизирующую способность излучения, получил название **линейной плотности ионизации (ЛПИ)**.

Чтобы его рассчитать, следует разделить значение ЛПЭ на величину энергии, необходимой для образования одной пары ионов (W).

$$\text{ЛПИ} = \text{ЛПЭ} / W = \text{ЛПЭ} / 34.$$



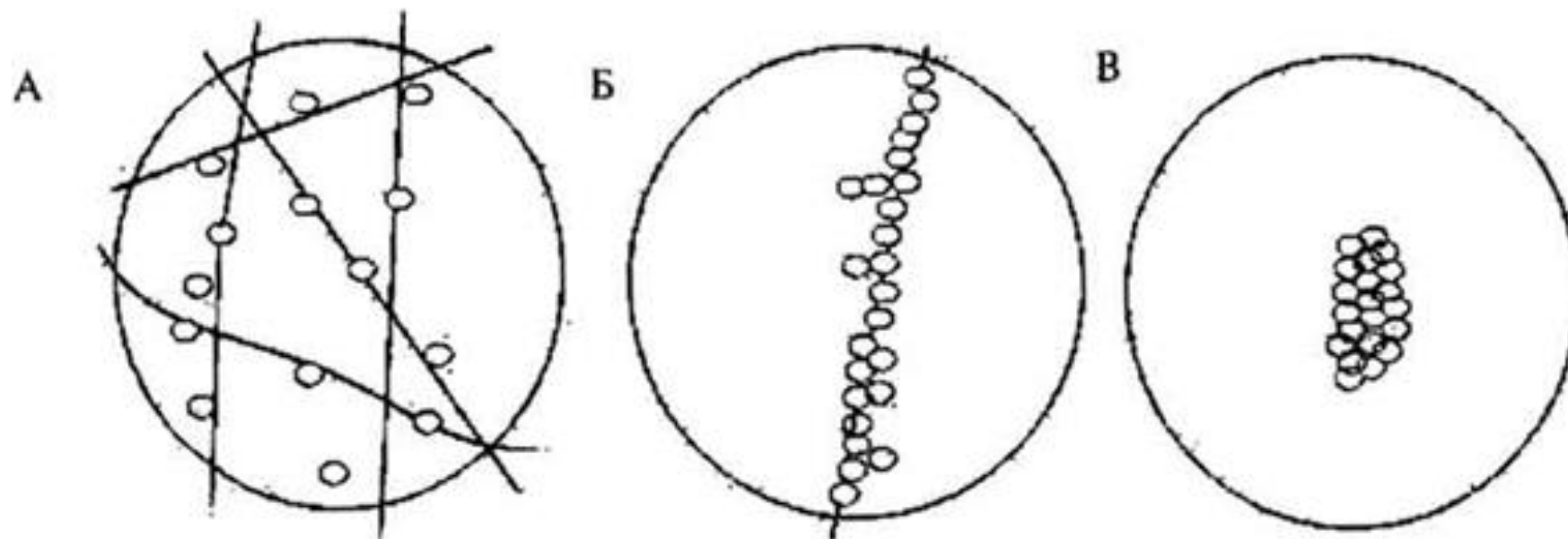
Величина ЛПИ зависит от природы и энергии излучения, а также от свойств облучаемого вещества.

**Значения линейной плотности ионизации
различных видов ионизирующих излучений в воздухе
(по данным Ю. С. Вайля, Г. М. Чернякова, 1998)**

Вид излучения	ЛПИ, пар ионов на см
Альфа-частицы	40 000
Протоны	10 000
Бета-частицы	400
Рентгеновские и гамма-кванты	5



Различия в линейной плотности ионизации лежат в основе различий в *относительной биологической эффективности (ОБЭ)* разных видов излучения.



Распределение актов ионизации в чувствительном объеме при облучении электронами и протонами в одинаковой дозе
(по Е. А. Жербину и соавт., 1984):

А — электроны; Б — протоны с малым ЛПЭ и большим пробегом; В — протоны с большим ЛПЭ и малым пробегом



- Величина ЛПЭ для частиц, имеющих одинаковый заряд, определяется исключительно их скоростью.

Если же сопоставить частицы с одной энергией, то ЛПЭ тем больше, чем больше масса частицы: скорость более крупной частицы с массой M меньше скорости легкой частицы с массой m в M/m раз, а ионизирующая способность во столько же раз выше.



- При увеличении заряда частицы величины ЛПЭ и ЛПИ увеличиваются.
- Чем выше значение ЛПЭ и ЛПИ, тем меньше длина пробега частиц одной энергии.

Изменяя энергию заряженных частиц, можно добиться, чтобы пик Брэгга пришелся на нужную глубину.





Глубина проникновения ионизирующих излучений зависит:

1. от состава и плотности облучаемого объекта,
2. от природы и свойств излучения.

Чем больше величина ЛПЭ, тем меньше проникающая способность излучения в данном веществе.

За меру проникающей способности для ускоренных заряженных частиц принимают расстояние, на котором частица замедляется до энергии, близкой к средней энергии теплового движения.

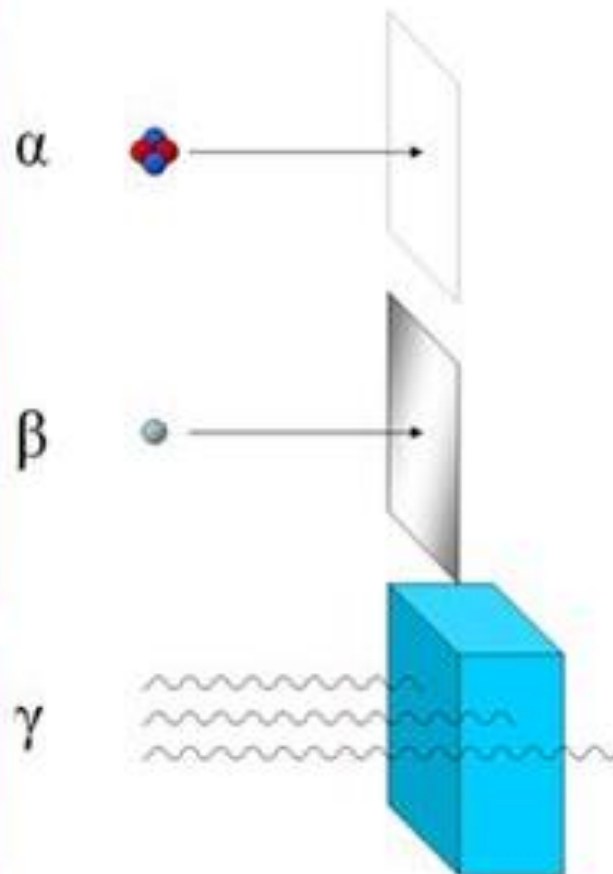
Излучения с высокой проникающей способностью называют **жесткими**. Если же проникающая способность мала, то такое излучение называют **мягким**.



Альфа-частицы поглощаются листом бумаги, пробег в воздухе - 11 см, в мягких тканях человека несколько микрон.

Бета-частицы имеют разную энергию, поэтому пробег их в веществе не одинаков: в воздухе от нескольких метров до сантиметра, ослабляются алюминиевой пластиной.

Гамма-кванты обладают большой проникающей способностью, ослабляются стенами домов, эффективная защита - свинец.





Редкоионизирующие излучения

все виды излучения,
имеющие ЛПЭ менее 10
кэВ/мкм.

в основном электроны, а также
гамма- и рентгеновы лучи,
ионизирующее действие
которых также осуществляется
электронами

Плотнoионизирующие излучения

ЛПЭ > 10 кэВ/мкм

протоны, α-частицы и другие
тяжелые частицы, а также
нейтроны, биологическое
действие которых реализуется
за счет вторичных ускоренных
заряженных частиц

Проникающая способность редко- и плотноионизирующих излучений



- **Редкоионизирующие** виды излучений отличаются сравнительно **высокой проникающей способностью**.
- **Плотноионизирующие** излучения (за исключением нейтронов) проникают в ткани **на небольшую глубину**.



**Благодарю за
внимание!!!**