

Обеспечение радиационной безопасности персонала при эксплуатации АЭС

Лекция 1

Радиоактивность и ионизирующее излучение



Содержание

Введение

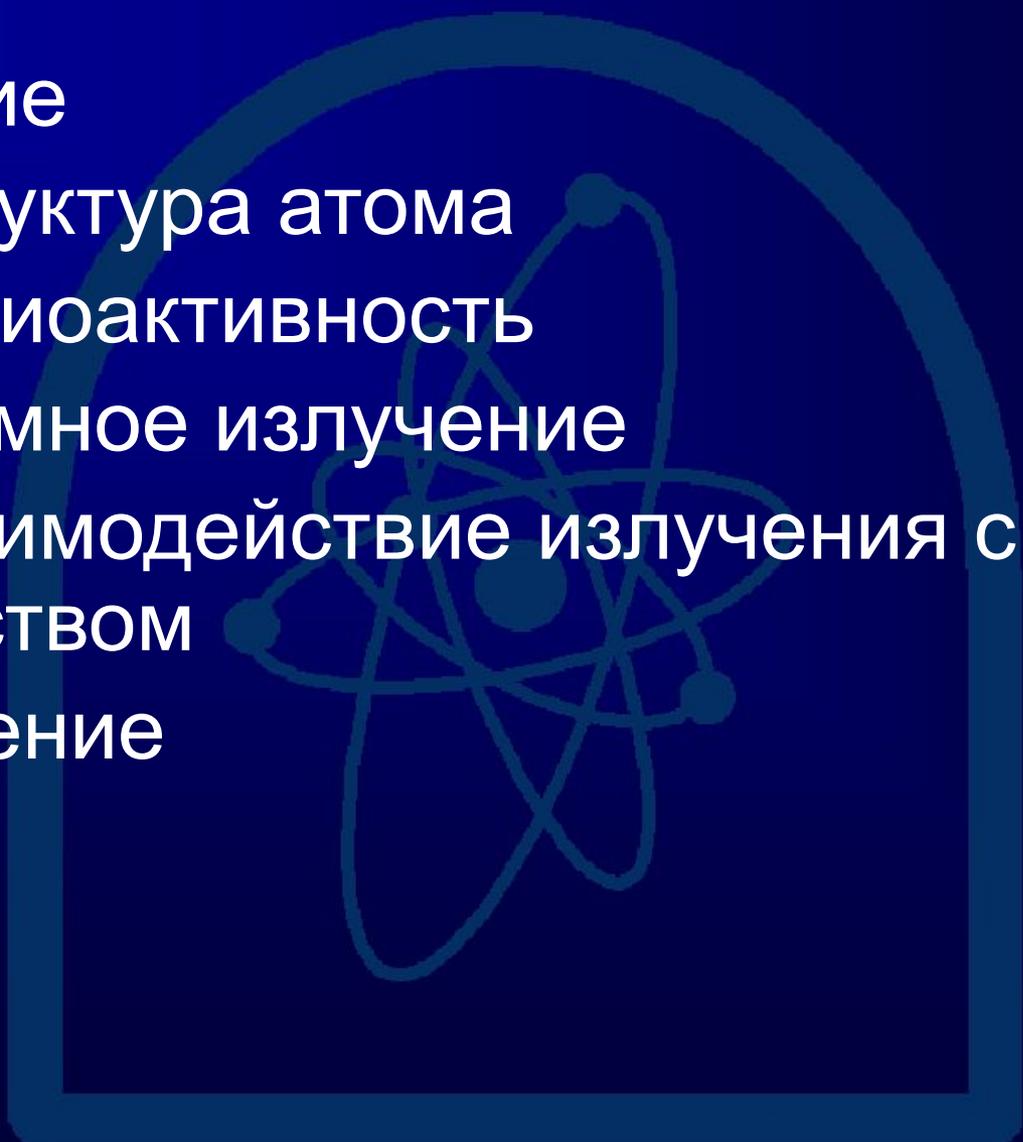
1.1. Структура атома

1.2. Радиоактивность

1.3. Атомное излучение

1.4. Взаимодействие излучения с
веществом

Заключение

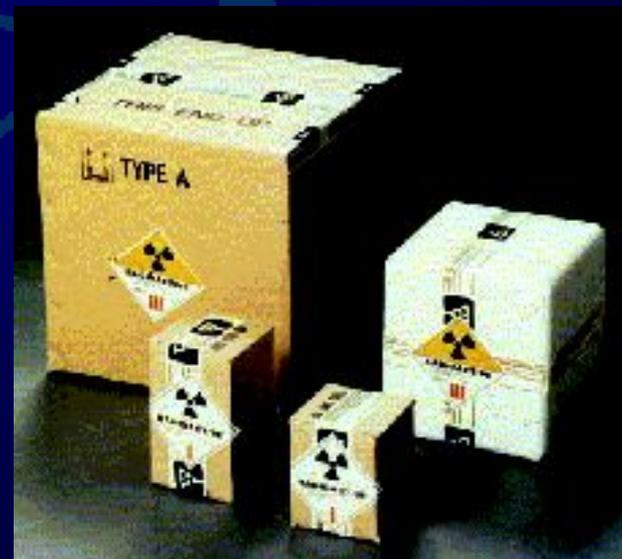


Введение

Радиоактивность – это превращение нестабильных ядер в более стабильные.

Это превращение порождает **ионизирующее излучение**, вызывающее воздействие излучения на человека и влияющее на его здоровье.

Радиоактивность – это фундаментальное свойство вещества.



1.1. Структура атома



Свойства частиц в составе атома

Частица	Расположение	Заряд	Символ
Нейтрон	Ядро	Нет	${}^1_0\text{n}$
Протон	Ядро	+1	${}^1_1\text{p}$
Электрон	Оболочка вокруг ядра	-1	${}^0_{-1}\text{e}$



Нуклид

Массовое
число

Зарядовое
число

Химический
символ

Число
нейтронов

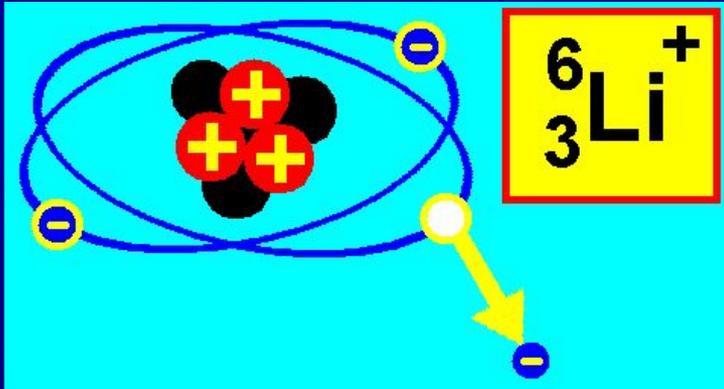


$$A = Z + N$$

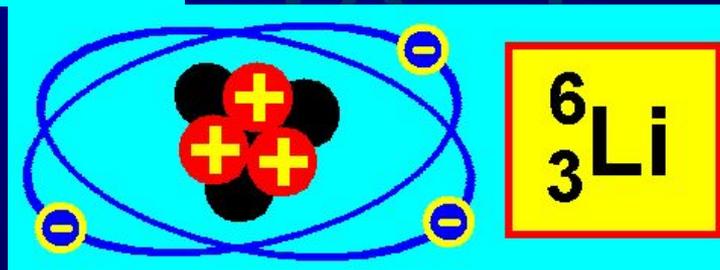
Пример записи:



АТОМ И ИОНЫ

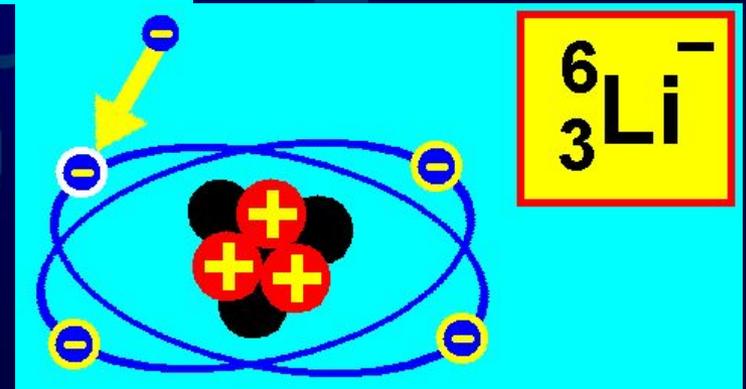


Положительный
ион лития-6



Атом
лития-6

Отрицательный
ион лития-6



Периодическая таблица элементов

	I						VII		VIII			
1	(H)						1	H	2	He		
	II						1,0079	ВОДОРОД	4,00260	ГЕЛИЙ		
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne				
	ЛИТИЙ	БЕРИЛЛИЙ	БОР	УГЛЕРОД	АЗОТ	КИСЛОРОД	ФТОР	НЕОН				
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar				
	НАТРИЙ	МАГНИЙ	АЛЮМИНИЙ	КРЕМНИЙ	ФОСФОР	СЕРА	ХЛОР	АРГОН				
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni		
	КАЛИЙ	КАЛЬЦИЙ	СКАНДИЙ	ТИТАН	ВАНАДИЙ	ХРОМ	МАРГАНЕЦ	ЖЕЛЕЗО	КОБАЛЬТ	НИКЕЛЬ		
5	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
	МЕДЬ	ЦИНК	ГАЛЛИЙ	ГЕРМАНИЙ	МЫШЬЯК	СЕЛЕН	БРОМ	КРИПТОН				
6	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd		
	РУБИДИЙ	СТРОНЦИЙ	ИТТРИЙ	ЦИРКОНИЙ	НИОБИЙ	МОЛИБДЕН	ТЕХНЕЦИЙ	РУТЕНИЙ	РОДИЙ	ПАЛЛАДИЙ		
7	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
	СЕРЕБРО	КАДМИЙ	ИНДИЙ	ОЛОВО	СУРЬМА	ТЕЛЛУР	ИОД	КСЕНОН				
8	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt		
	ЦЕЗИЙ	БАРИЙ	ЛАНТАН	ГАФНИЙ	ТАНТАЛ	ВОЛЬФРАМ	РЕНИЙ	ОСМИЙ	ИРИДИЙ	ПЛАТИНА		
9	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
	ЗОЛОТО	РУТУТЬ	ТАЛЛИЙ	СВИНЕЦ	ВИСМУТ	ПОЛОНИЙ	АСТАТ	РАДОН				
10	Fr	Ra	Ac	Ku								
	ФРАНЦИЙ	РАДИЙ	АКТИНИЙ	КУРЧАТОВИЙ								

* лантаноиды

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
ЦЕРИЙ	ПРАЗЕОДИМ	НЕОДИМ	ПРОМЕТИЙ	САМАРИЙ	ЕВРОПИЙ	ГАДОЛИНИЙ	ТЕРБИЙ	ДИСПРОЗИЙ	ГОЛЬМИЙ	ЭРБИЙ	ТУЛИЙ	ИТТЕРБИЙ	ЛЮТЕЦИЙ

** актиноиды

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	(No)	(Lr)
ТОРИЙ	ПРОТАКТИНИЙ	УРАН	НЕПУНИЙ	ПЛУТОНИЙ	АМЕРИЦИЙ	КЮРИЙ	БЕРКЛИЙ	КАЛИФОРНИЙ	ЭЙНШТЕЙНИЙ	ФЕРМИЙ	МЕНДЕЛЕВИЙ	(НОБЕЛИЙ)	(ЛОУРЕНСИЙ)

Стабильные и нестабильные ядра

- Некоторые комбинации нейтронов и протонов в ядре являются стабильными и могут существовать очень длительное время (более 10^{12} лет). Атомы с такими ядрами называются стабильными атомами.
- Остальные являются нестабильными и имеют избыточную энергию. Атомы с такими ядрами называются радиоактивными атомами.
- Если атом нестабилен, то со временем спонтанно меняется состояние его ядра, и ядро распадается на фрагменты, состоящие из субатомных частиц.



Классификация нуклидов

Изотопы – нуклиды одного и того же элемента, которые имеют равное число протонов, но различное число нейтронов и, следовательно, различную атомную массу.

Изомеры – нуклиды, имеющие одинаковое массовое число, но отличающиеся энергетическими состояниями ядра. Изомеры имеют различную внутреннюю энергию и типы ядерного распада.



1.2. Радиоактивность

Радиоактивность – это ядерное превращение:

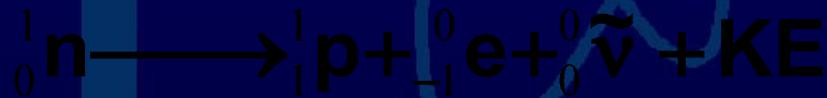
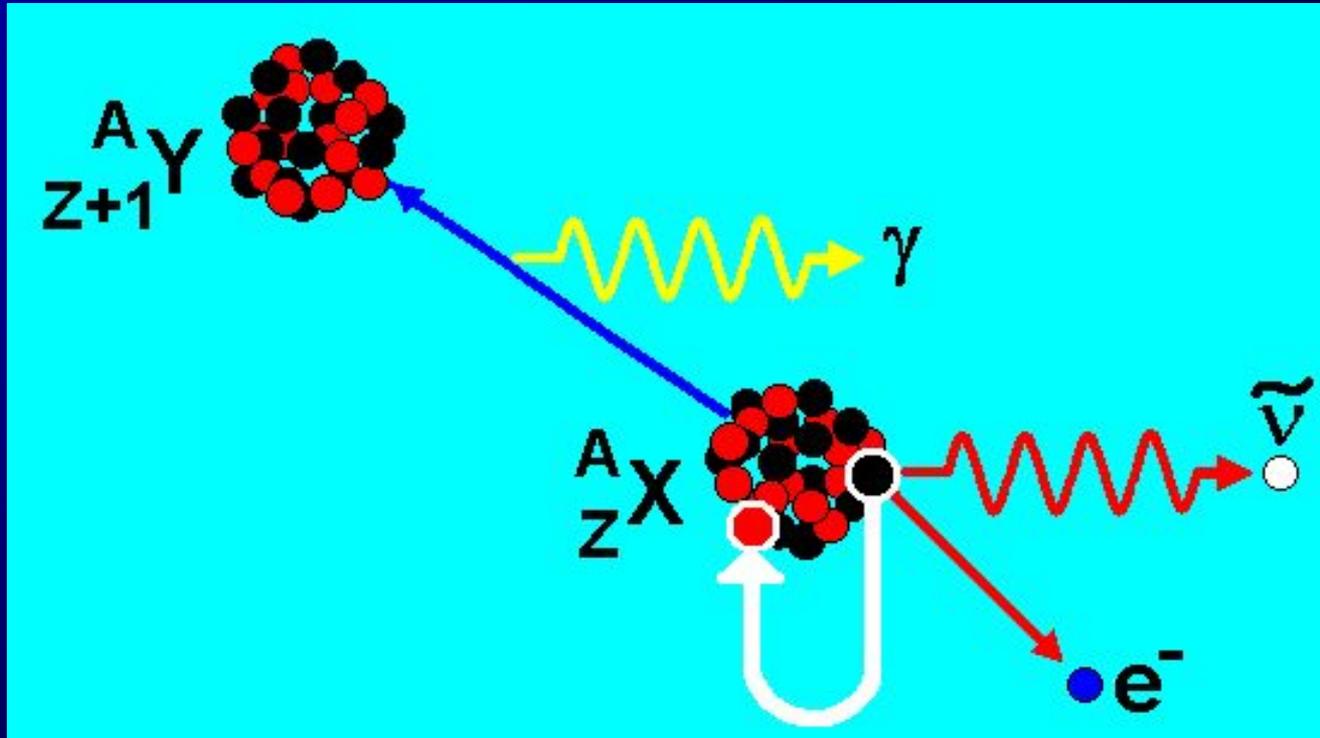
- **ядерное, потому что оно возникает в ядре атома;**
- **превращение, потому что начальное и результирующие ядра различны.**

Другими словами, ядерные превращения есть распады ядер.

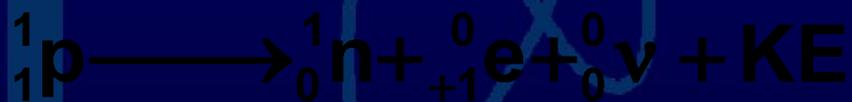
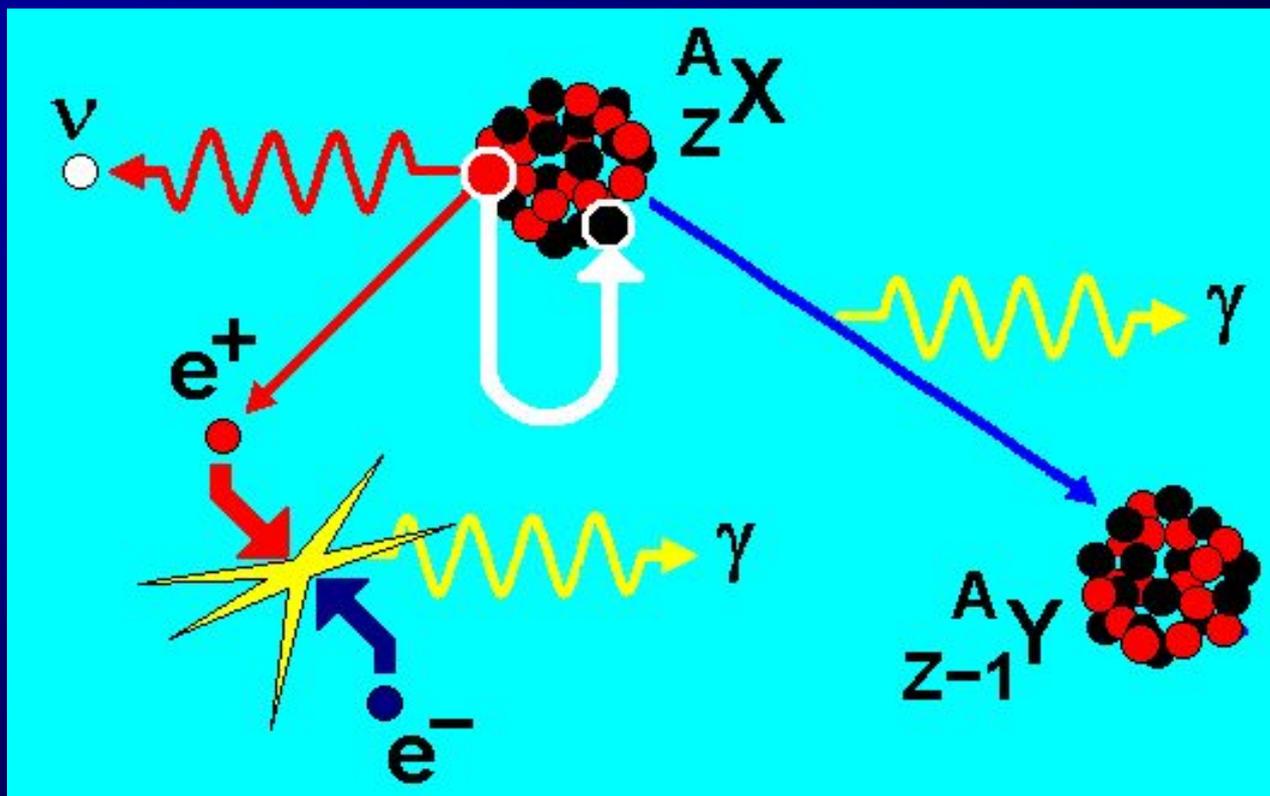
Радиоактивный атом при распаде ядра испускает излучение.



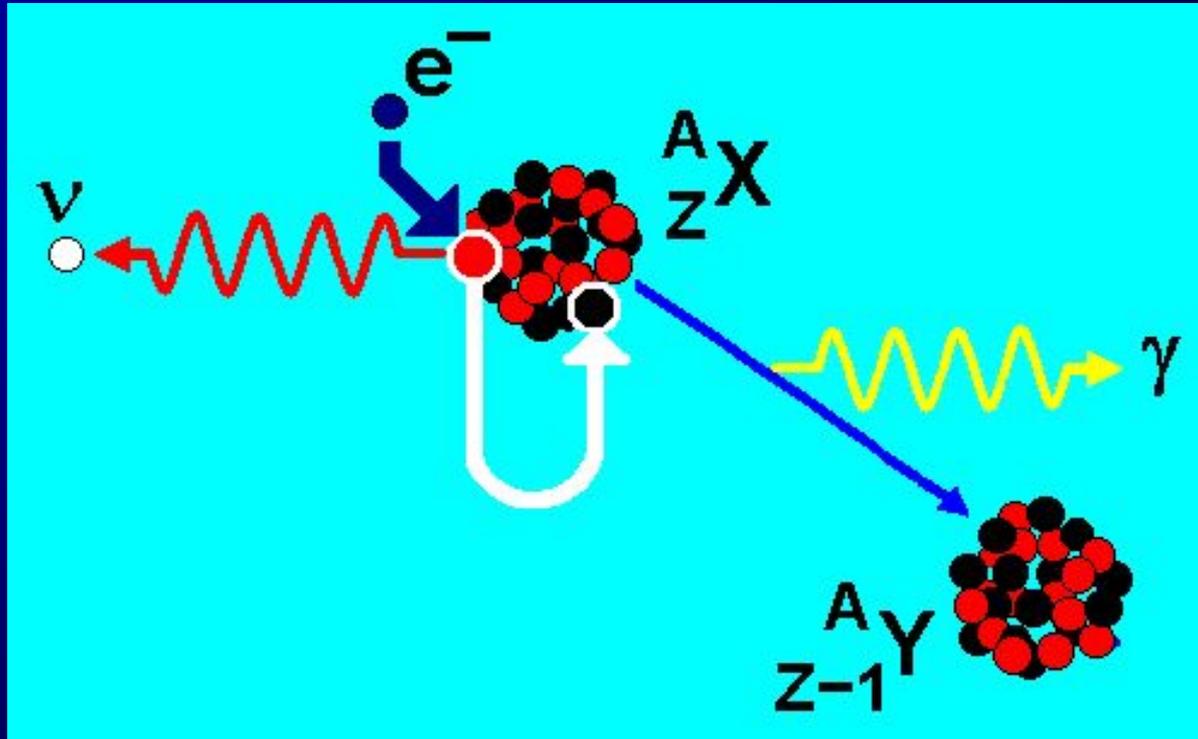
Бета-минус или бета-распад



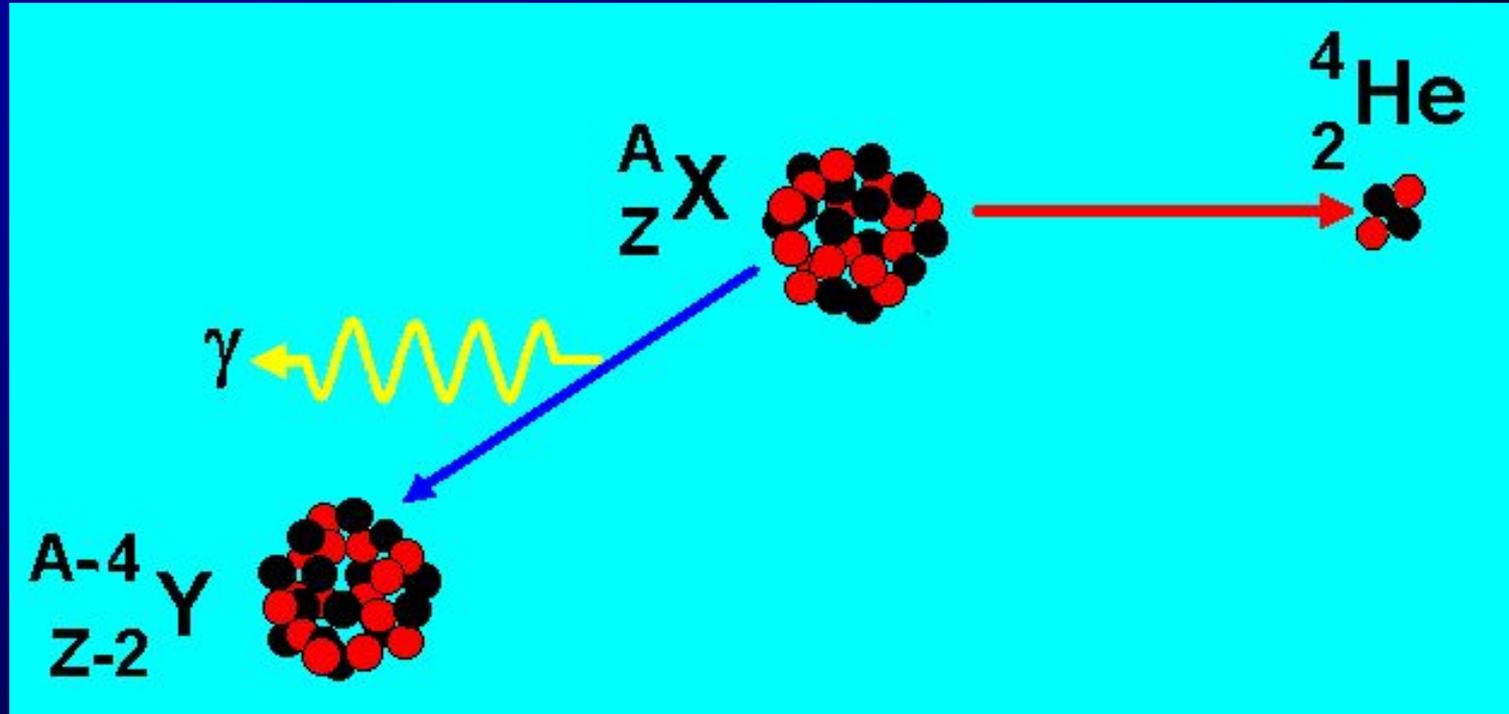
Бета-плюс или позитронный распад



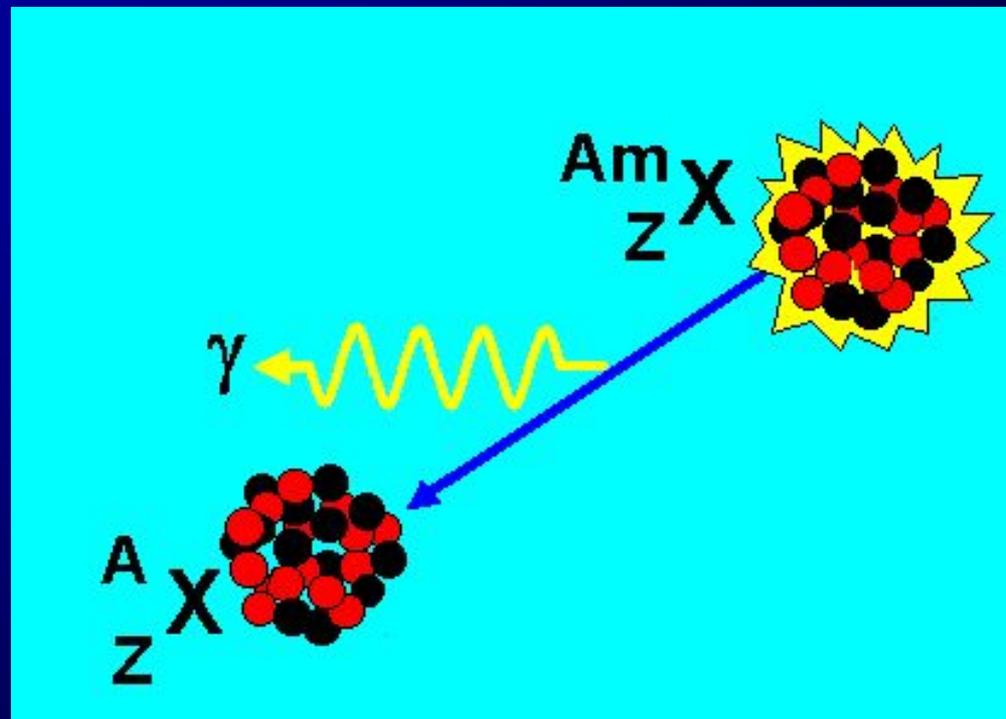
Электронный захват



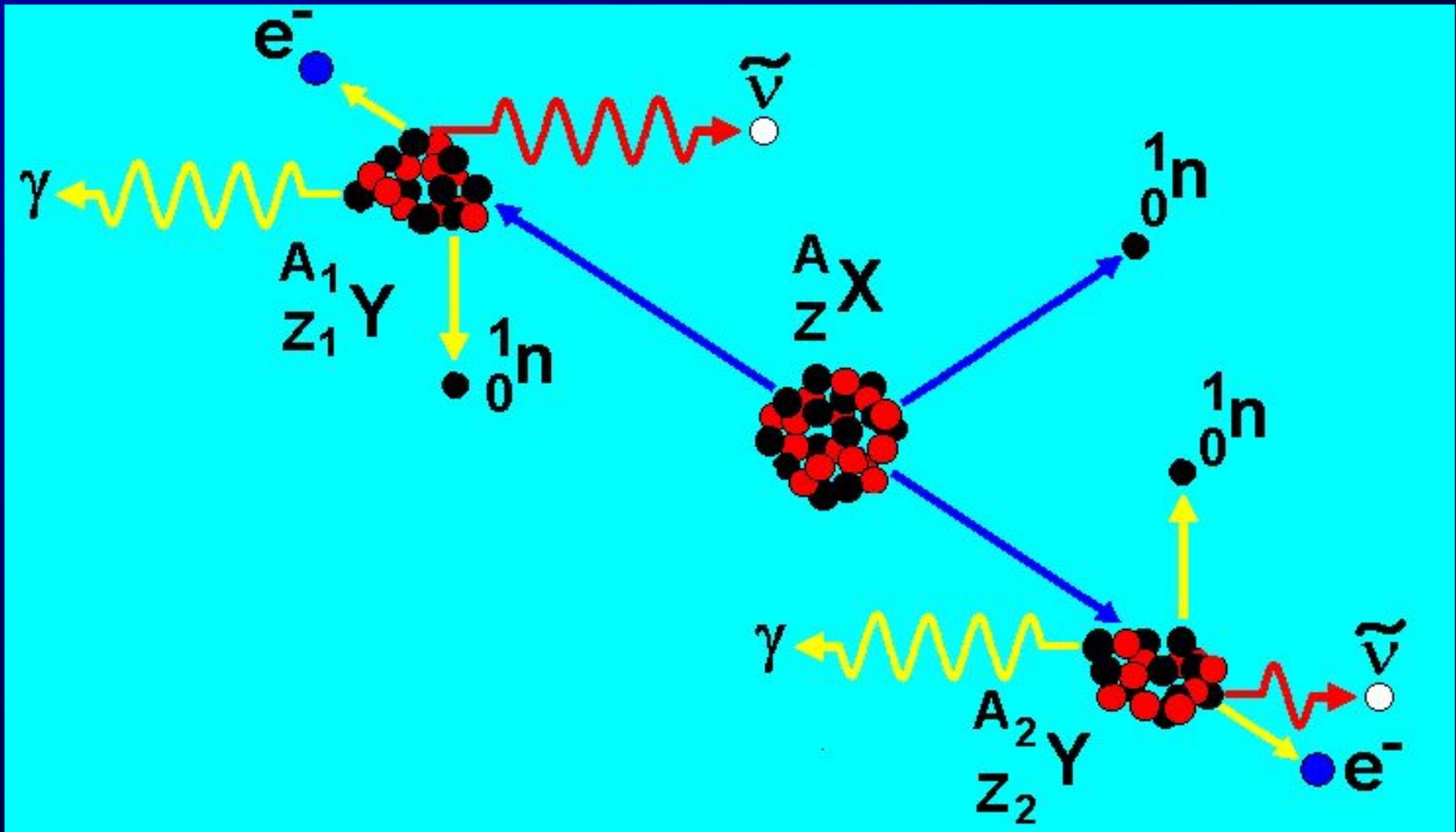
Альфа-распад



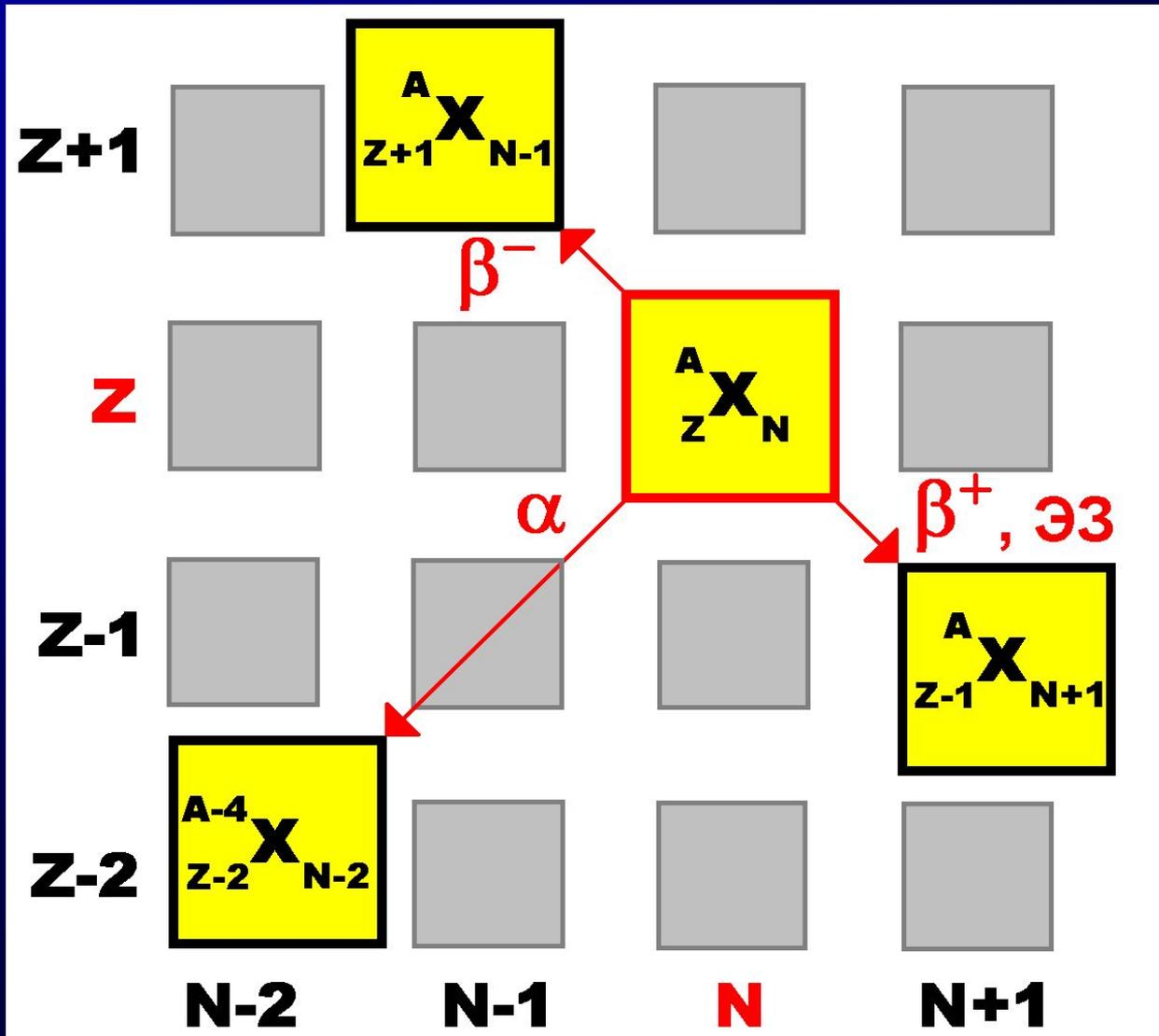
Изомерный переход



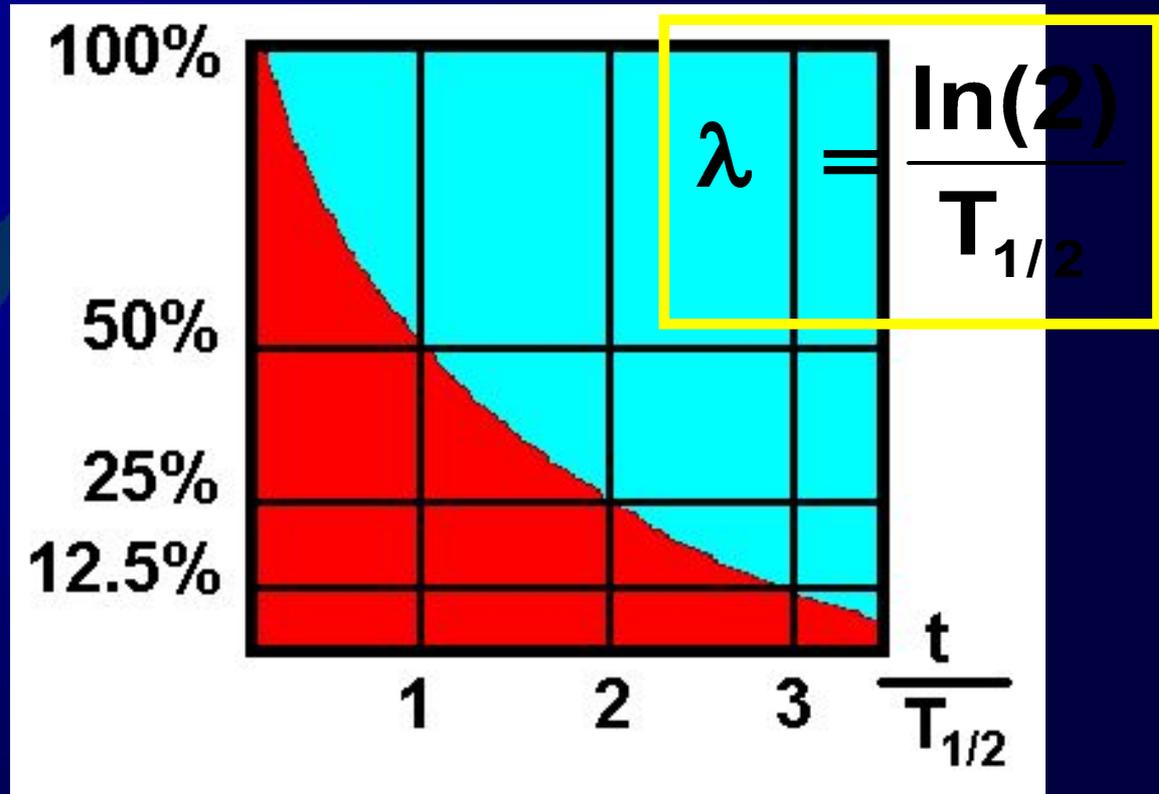
Спонтанное деление



Преобразование ядер при их превращениях

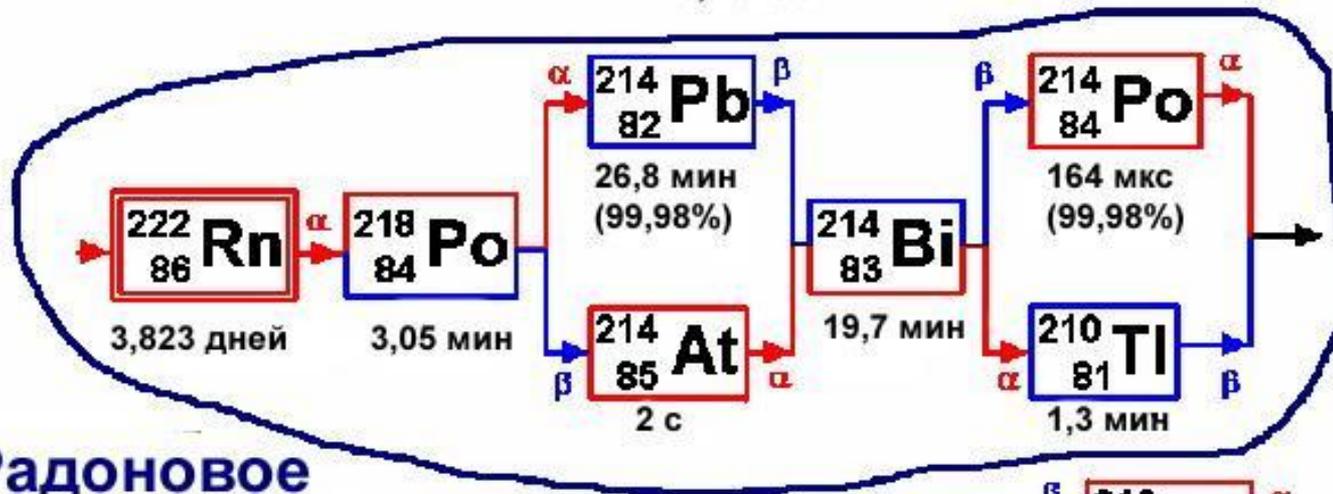
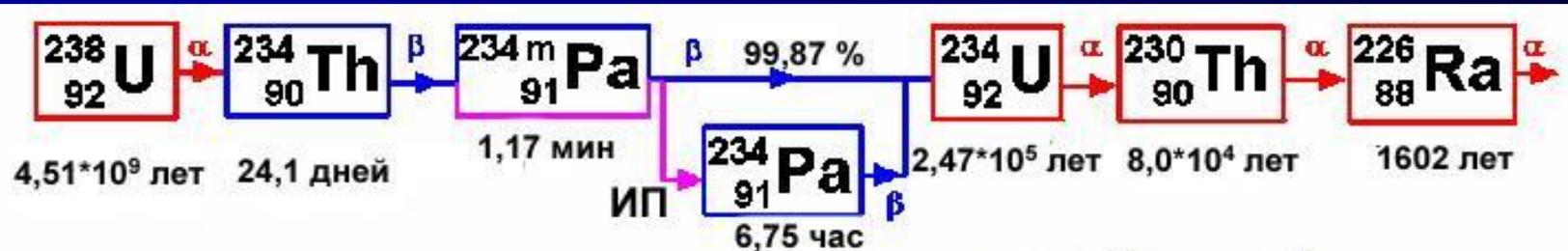


Концепция периода полураспада

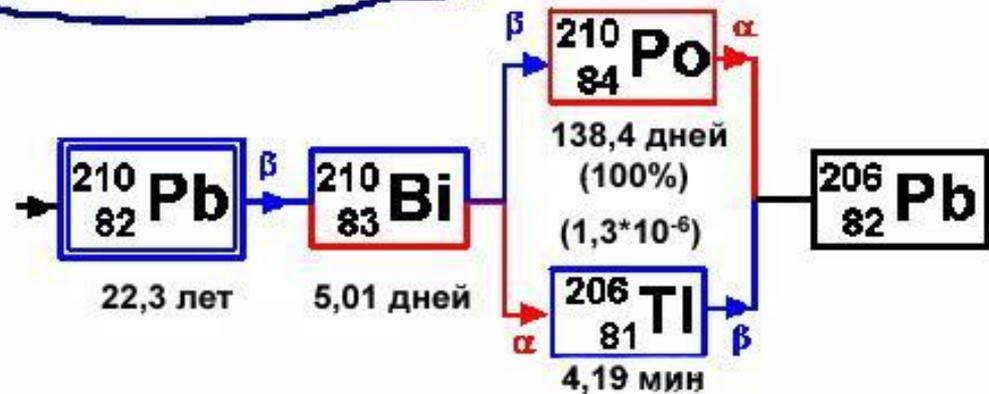


Период полураспада ($T_{1/2}$) – среднее время, необходимое для уменьшения активности радионуклида наполовину

Урановое семейство



Радонное подсемейство



1.3. Атомное излучение

Атомное излучение — это энергия в виде электромагнитного излучения или частиц.

Электромагнитное излучение (фотоны) включает в себя **рентгеновское** и **гамма-излучения**. Видимый свет также является электромагнитным (но не ионизирующим) излучением. Эти излучения различаются энергией (длиной волны).

Корпускулярное излучение включает в себя **альфа-, бета- и нейтронное излучение**.

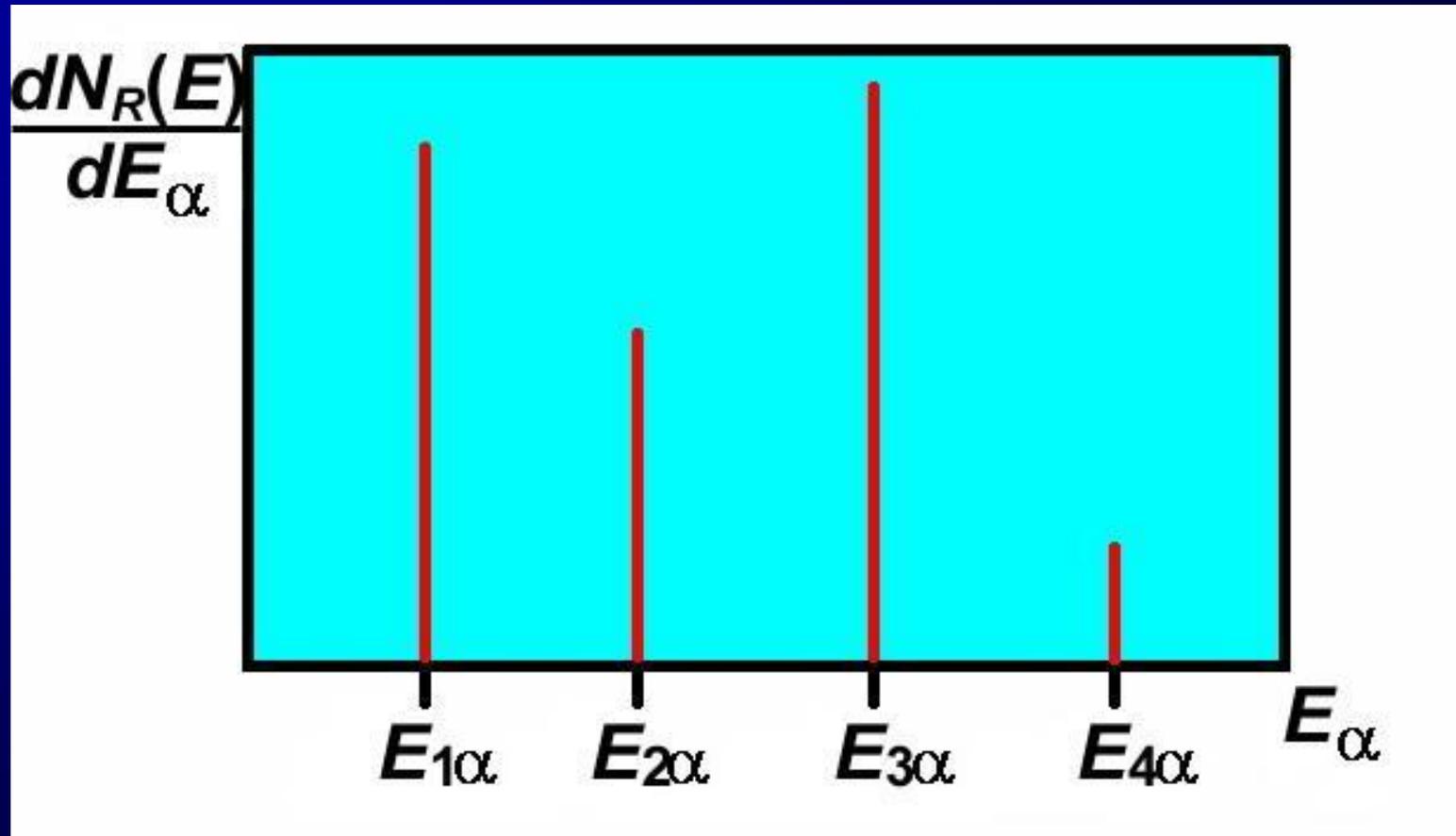


Ионизирующее излучение

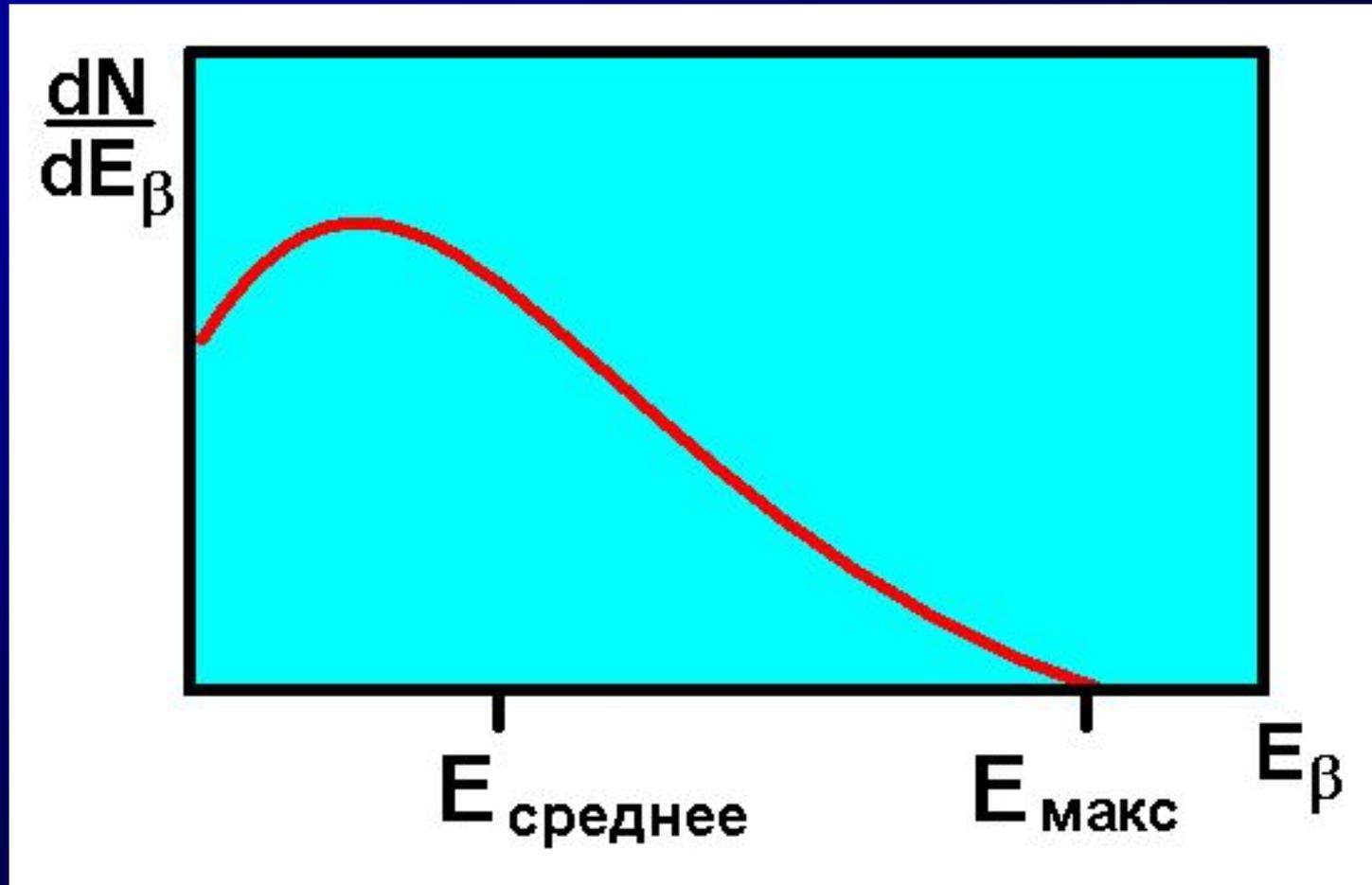
- Ионизирующим называют излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации атомов и молекул, т.е. к возникновению в облученном веществе ионов разных знаков.
- В общем, все излучения можно разделить на две основные категории: косвенно ионизирующие и непосредственно ионизирующие, в зависимости от возможности ионизировать вещество.



Альфа-излучение



Бета-излучение



Электромагнитное излучение

- **Рентгеновское излучение**
является результатом переходов электронов между атомными оболочками.
- **Тормозное излучение**
является результатом электронно – ядерного кулоновского взаимодействия.
- **Гамма-излучение (γ -кванты)**
является результатом ядерного превращения.
- **Аннигиляционное излучение**
является результатом аннигиляции позитрона и электрона.



Таблица ионизирующего излучения

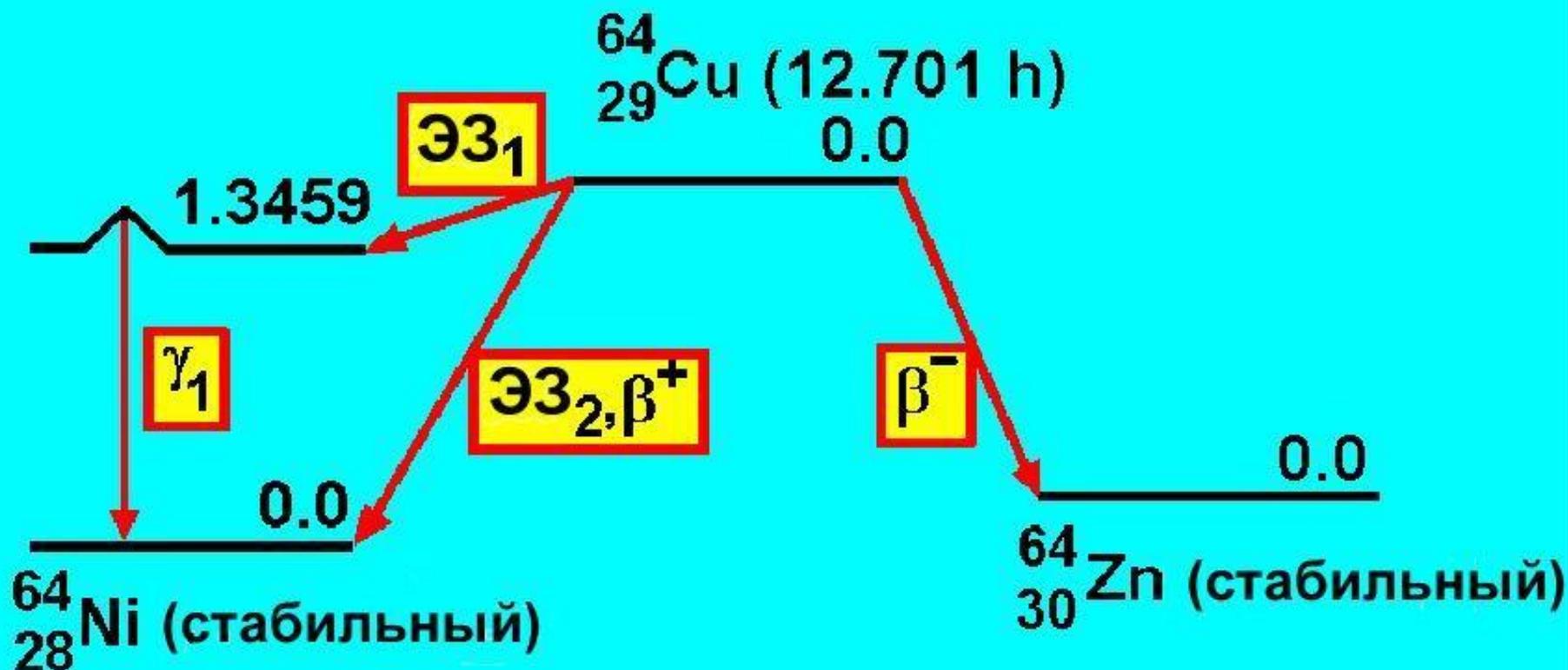
Частицы или фотоны

Виды распада

	e^-	e^+	α	γ	n
α	—	—	Д	Д / —	—
β^-	Н	—	—	Д / —	—
β^+	—	Н	—	Д	—
ЭЗ	Д	—	—	Д	—
ИП	—	—	—	Д	—
СД	Н	—	—	Д	Н



Многоканальный радиоактивный распад



1.4. Взаимодействие излучения с веществом

Ионизирующее излучение передает свою энергию веществу в процессе ионизации и возбуждения атомов и молекул.

Заряженные частицы могут вызвать ионизацию непосредственно.

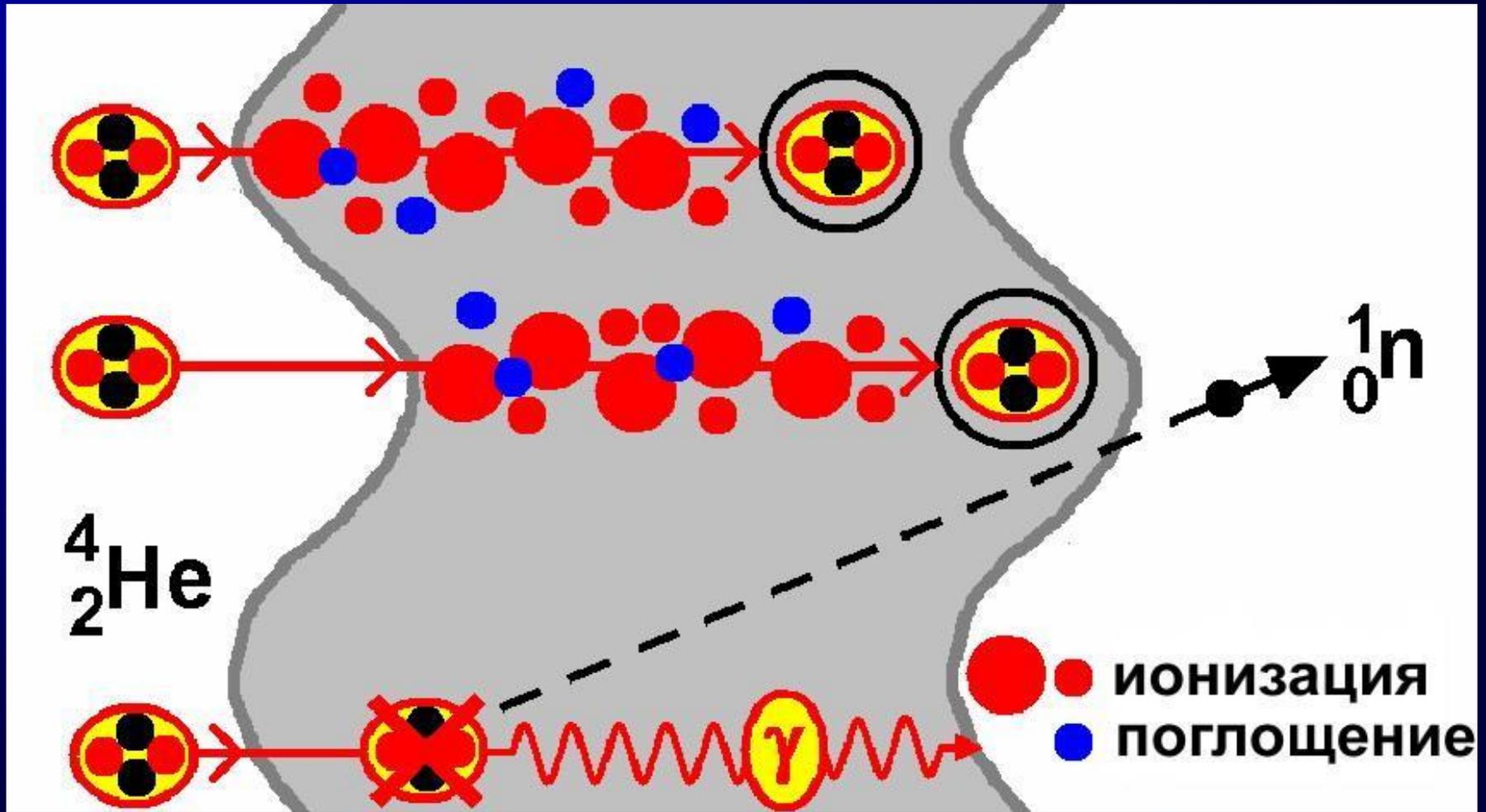
Нейтроны и фотоны могут вызвать ионизацию только косвенно.

Прямая ионизация

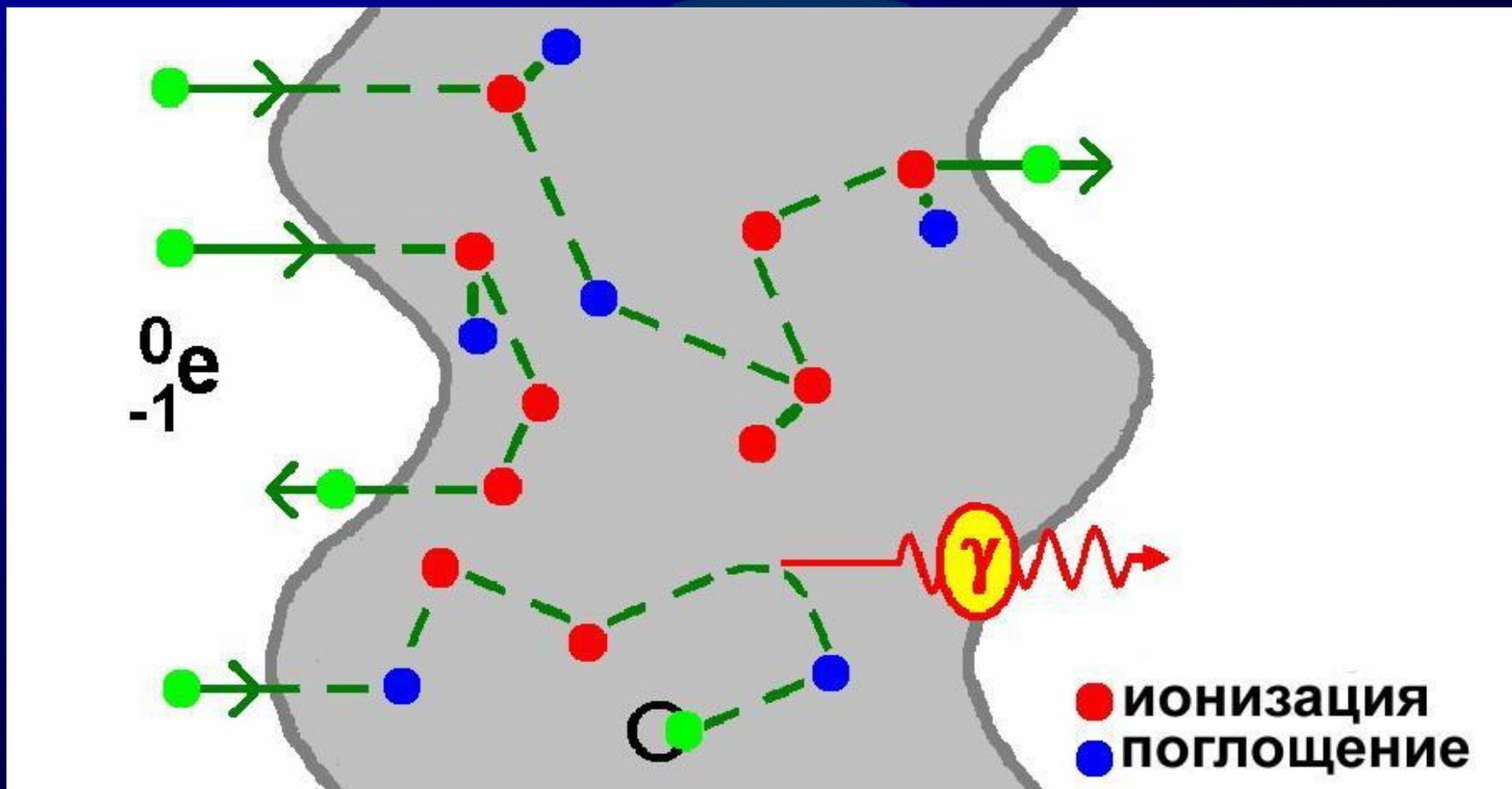
Прямая ионизация атомов и молекул заряженными частицами — основной процесс передачи энергии излучения веществу.

Ионизация вещества является результатом взаимодействия **первичных и вторичных заряженных частиц** с электронной структурой атома.

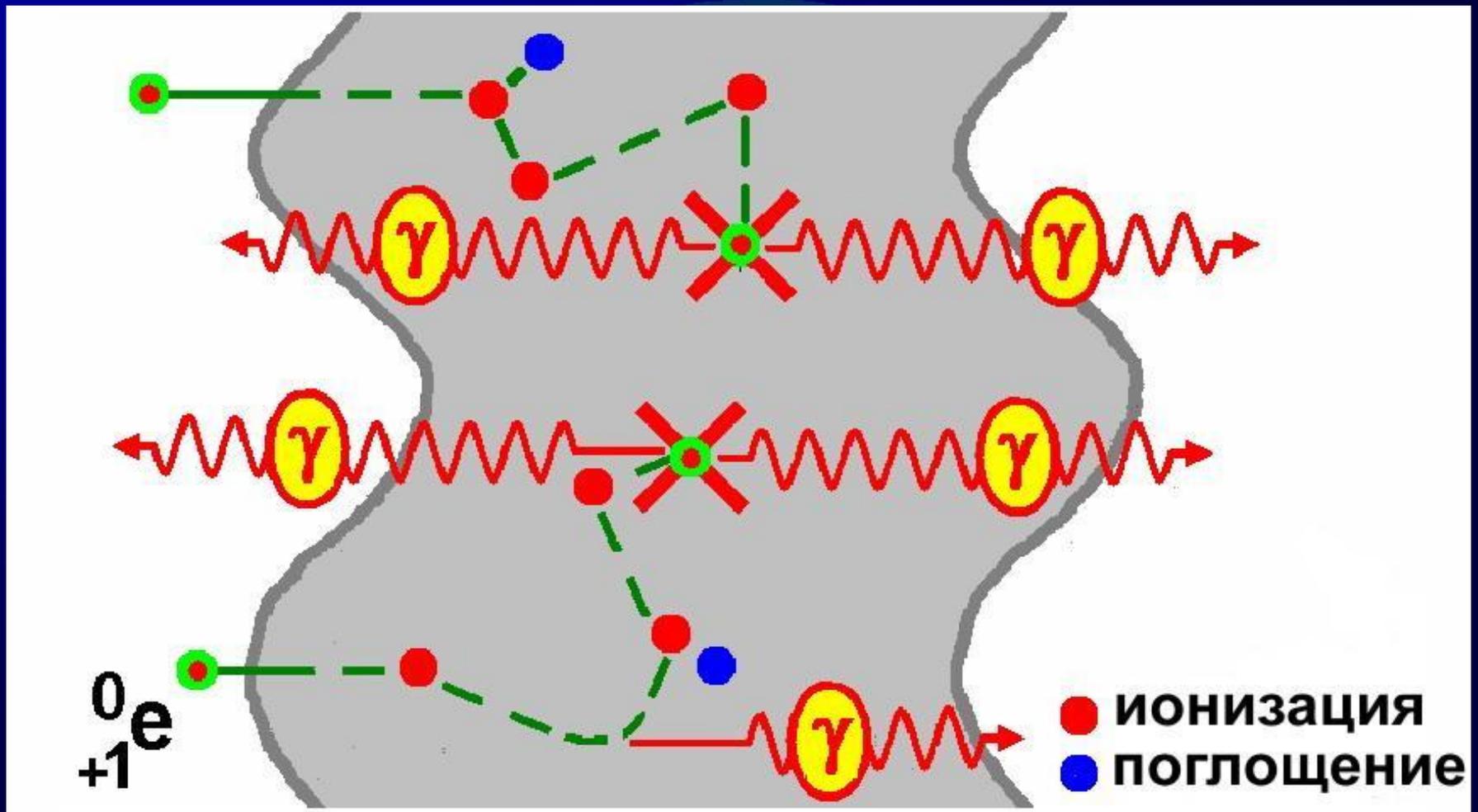
Взаимодействие альфа-частиц



Взаимодействие электронов



Взаимодействие позитронов



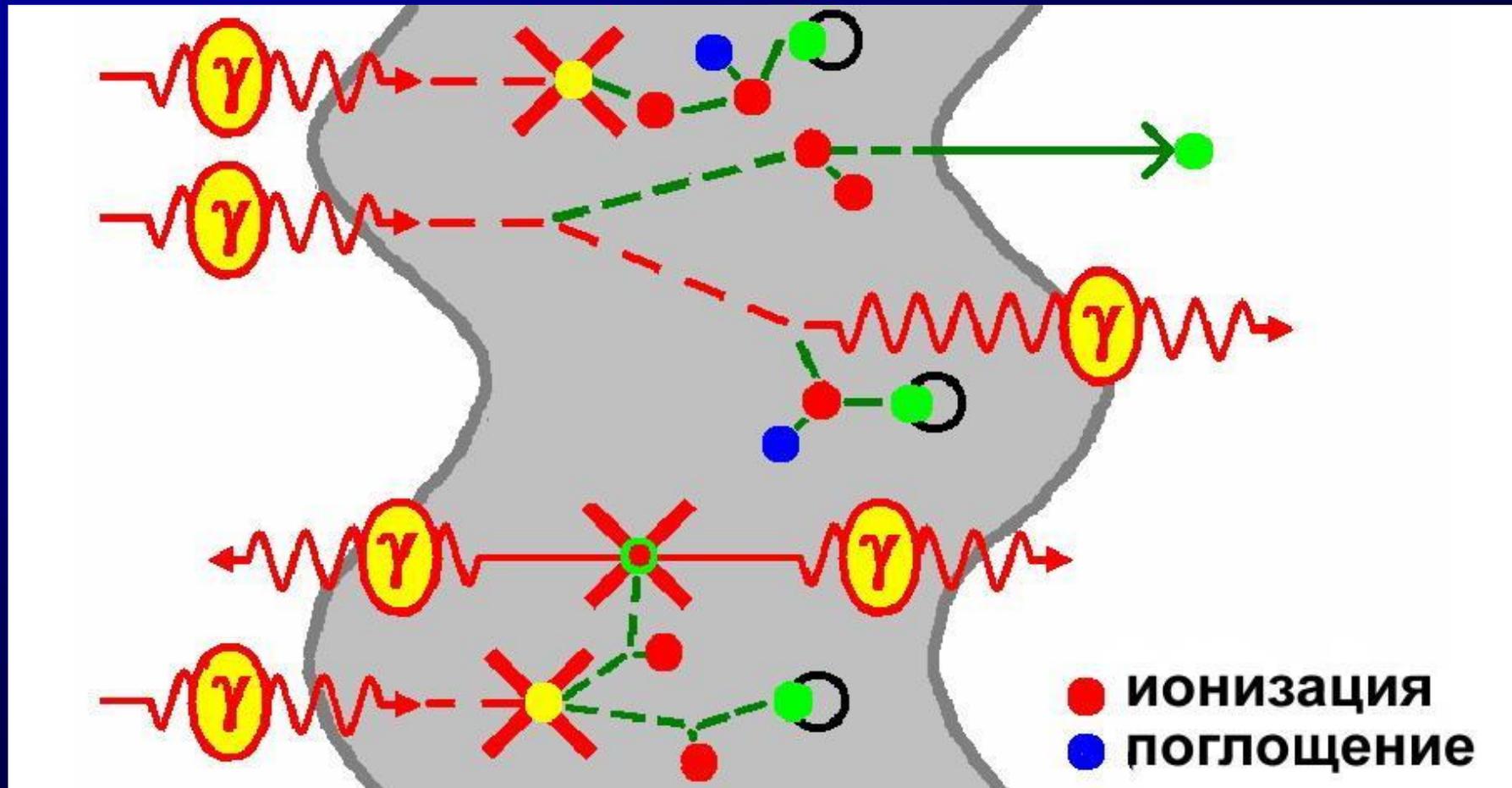
Косвенная ионизация

Нейтроны и **фотоны** могут вызвать ионизацию только косвенно посредством вторичного излучения заряженных частиц.

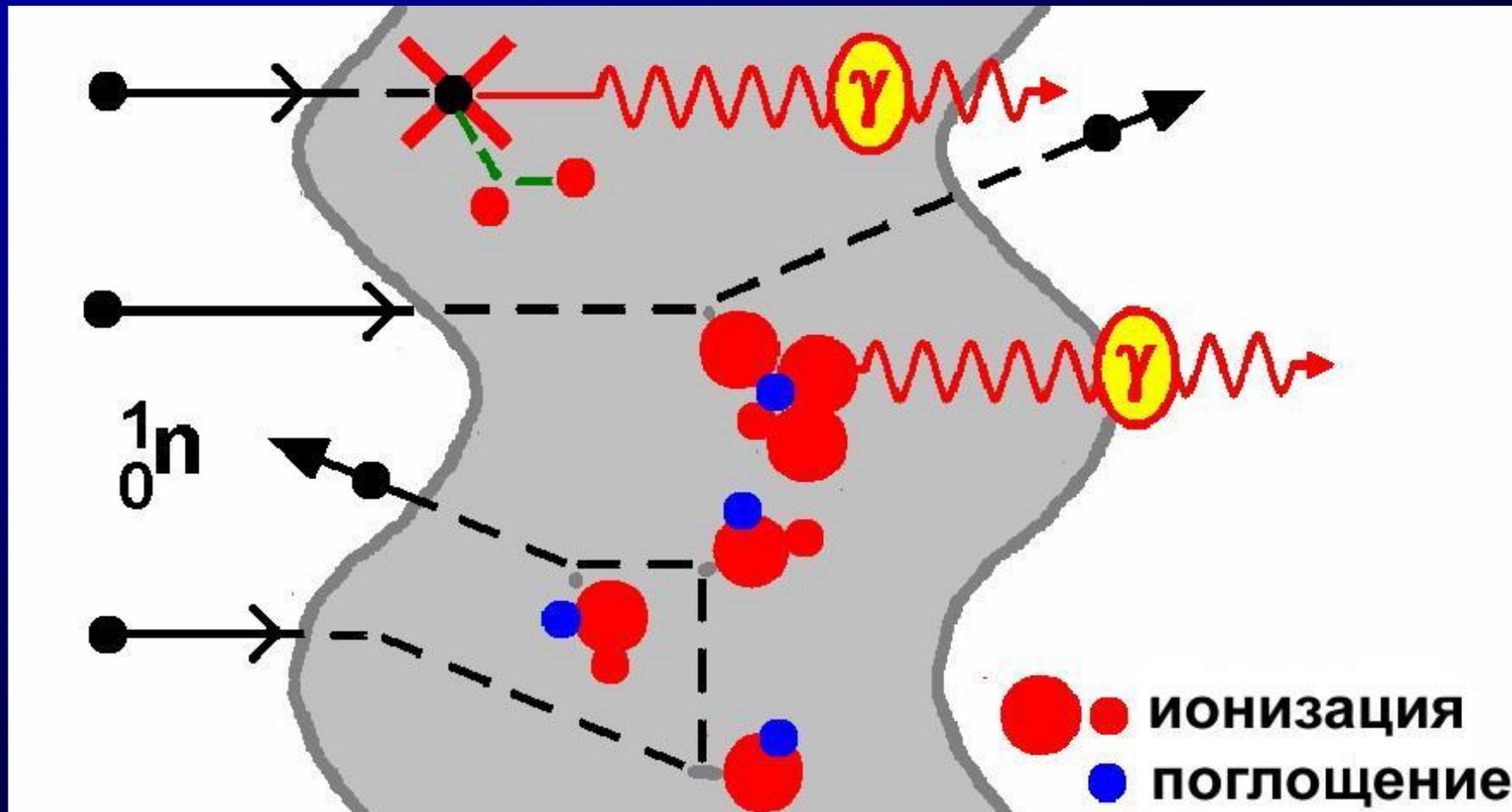
Ионизация вещества возникает от взаимодействия **вторичных заряженных частиц** с электронной структурой атома.



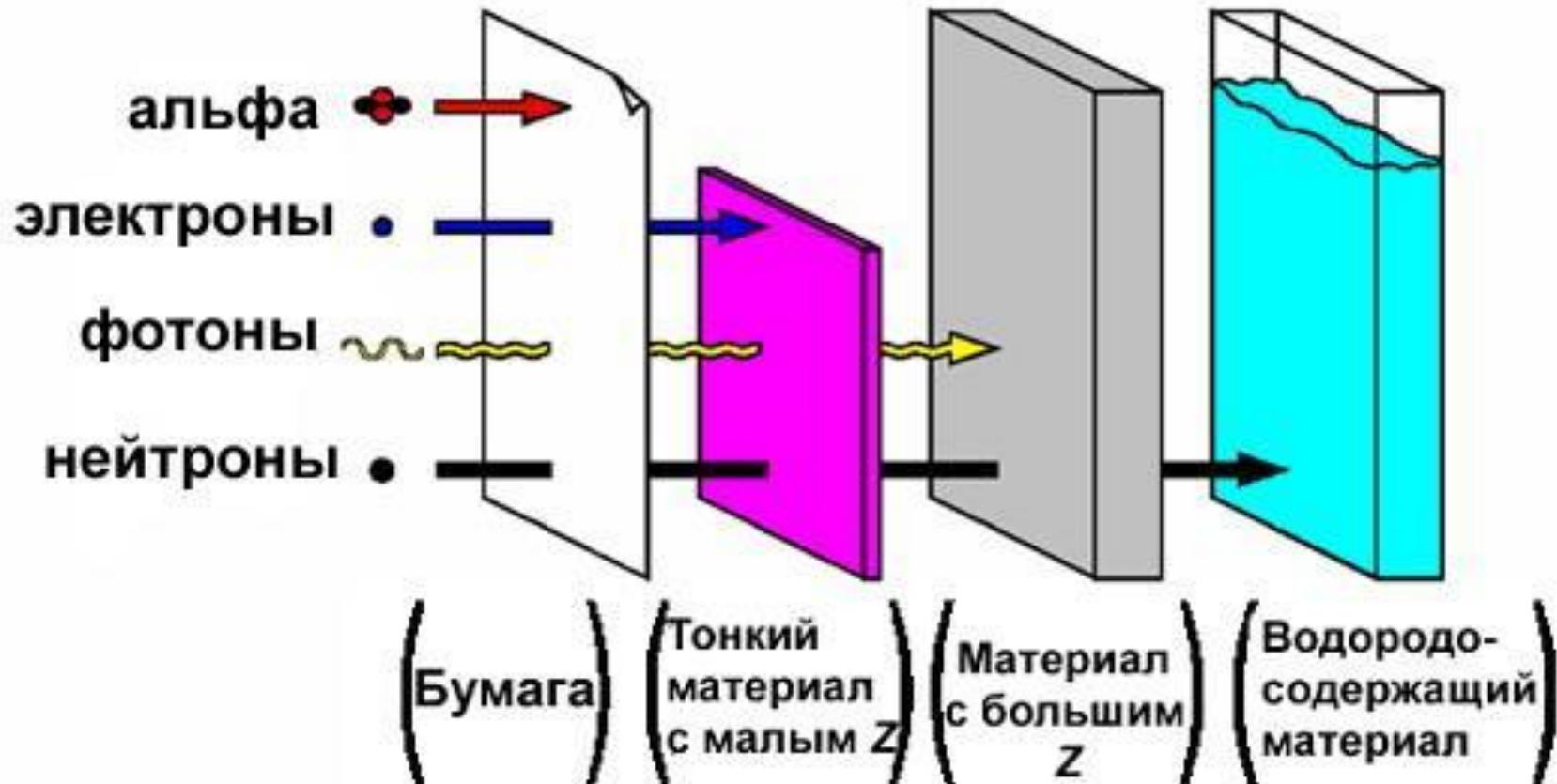
Взаимодействие фотонов



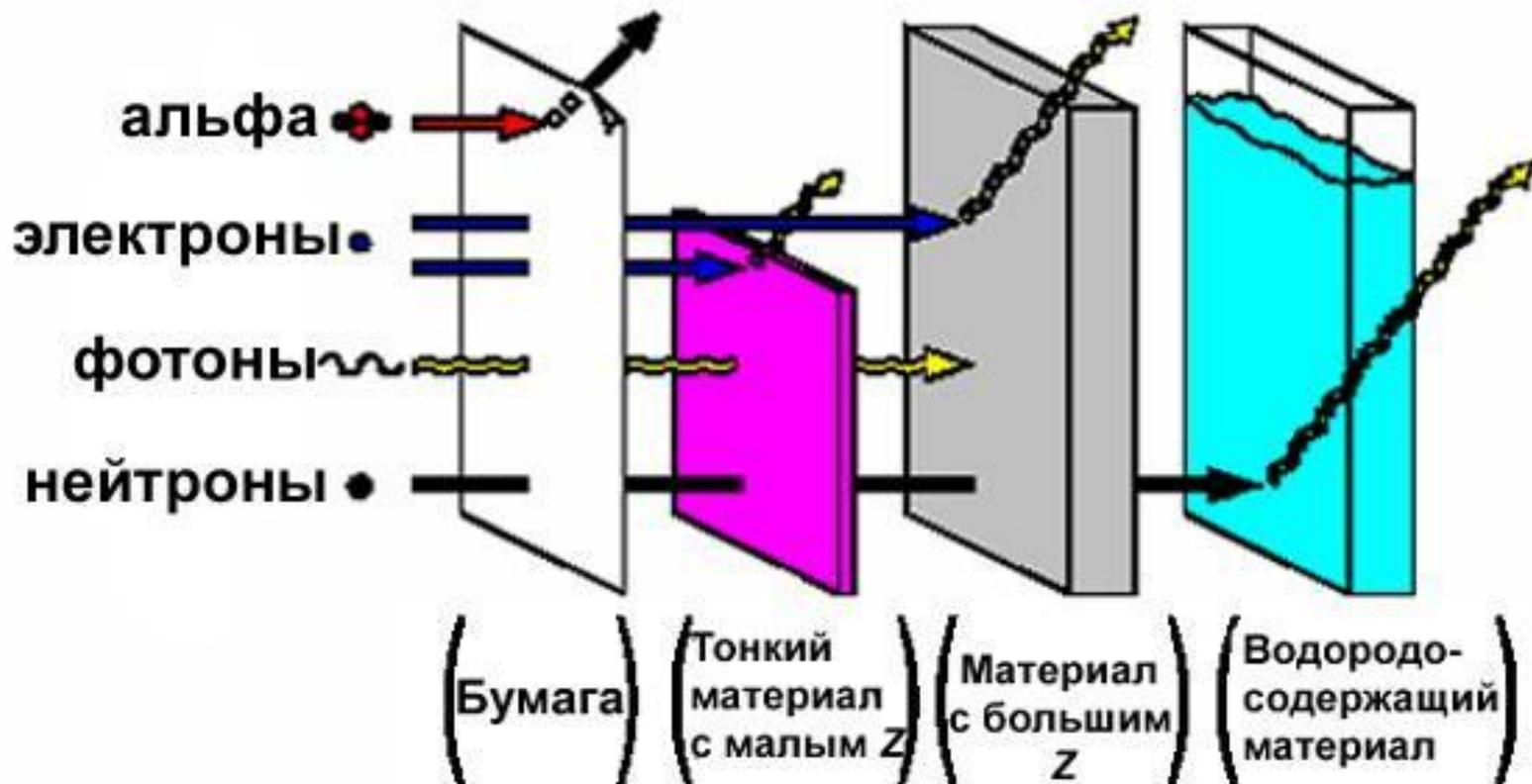
Взаимодействие нейтронов



Проникновение излучения



Преобразование излучения



Заключение

Радиоактивность – основное свойство вещества. Чтобы оценить опасность радиоактивности следует понять ее природу:

- структуру атомов и их ядер;
- ядерные превращения;
- атомное излучение;
- взаимодействие излучения с веществом;
- проникновение излучения сквозь материалы защиты.