

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ

**Лащёнова Татьяна Николаевна
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,
Профессор экологического
факультета РУДН**

tlaschenova@yandex.ru

8 910 4049110

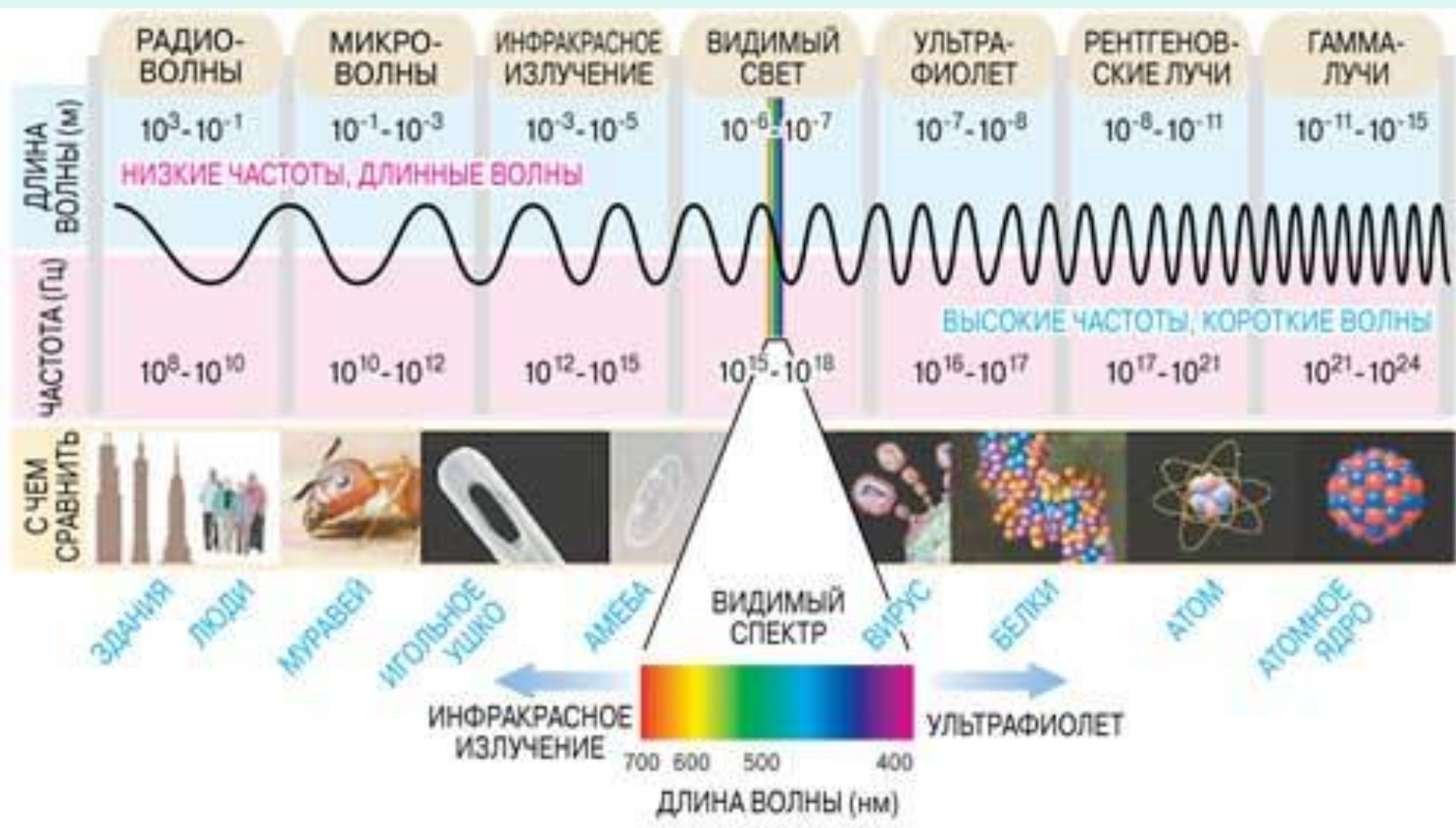
Тема

1. Физические основы радиоактивности

Основные характеристики ионизирующего излучения



- **Излучение** — процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.
- **Ионизирующее излучение** - потоки фотонов, а также заряженных или нейтральных частиц, взаимодействие которых с веществом среды приводит к его ионизации.
- **Неионизирующее излучение** - излучения с длиной волны более 1000 нм и энергией меньше 10 кэВ, заведомо недостаточной, чтобы ионизировать вещество.



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Радиоактивности

- **Радиоактивность** - способность атомных ядер к самопроизвольному превращению в другие ядра с испусканием одной или нескольких заряженных частиц и фотонов.
- **Активность** - это количество актов распада в единицу времени.
- **Период полураспада ($T_{1/2}$)**- время, в течение которого половина радиоактивных атомов распадается.
- **Удельная активность** - активность радионуклида (или смеси радионуклидов) в единице веса или объёма вещества.
- **Постоянная радиоактивного распада** - доля атомов, распадающихся в 1 секунду, λ .

Виды радиоактивного распада

- α -излучение - ионизирующее излучение, состоящее из α -частиц (ядер гелия), испускаемых при ядерных превращениях.
- β -излучение - электронное (позитронное) ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях.
- γ - излучение - фотонное (электромагнитное) ионизирующее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц.

Энергетическое строение атома

Из периодической системы для любого элемента по номеру периода можно определить число энергетических уровней атома, и какой энергетический уровень является внешним.

Главное квантовое число n – определяет энергетический уровень внешнего электрона, удаленность уровня от ядра, размер электронного облака.

Принимает целые значения ($n = 1, 2, 3 \dots$) и соответствует номеру периода.

Главное квантовое число $n = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7$

Обозначение энергетического уровня $K \ L \ M \ N \ O \ P \ Q$

Орбитальное квантовое число – определяет форму электронного облака и энергию электрона на подуровне.

Свойства элементарных частиц определяются местом положения в атоме: в ядре атома и на внешней оболочке

Свойства атомов

Строение атома определяется расположением атома в периодической таблице Д. И. Менделеева.

Свойства и основные характеристики зависят

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Пример.

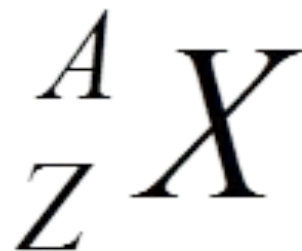
Элемент стронций Sr-90 расположен в пятом периоде.

В его атоме электроны распределены по пяти энергетическим уровням ($n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = 5$); внешним будет пятый уровень ($n = 5$). Н внешней орбите 2 электрона

Элементарные частицы

название	символ	заряд	масса
протон	p	+1	1
нейтрон	n [°]	0	1
электрон	e, β	-1	0
позитрон	e ⁺ , β ⁺	+1	0
нейтрино	n	0	0
антинейтрино	n [~]	0	0
фотон	γ	0	0
альфа-частица	α	+2	4

Строение атома



Нуклон - протон и нейтрон, входящие в состав атомного ядра

Массовое число, A – общее число нуклонов

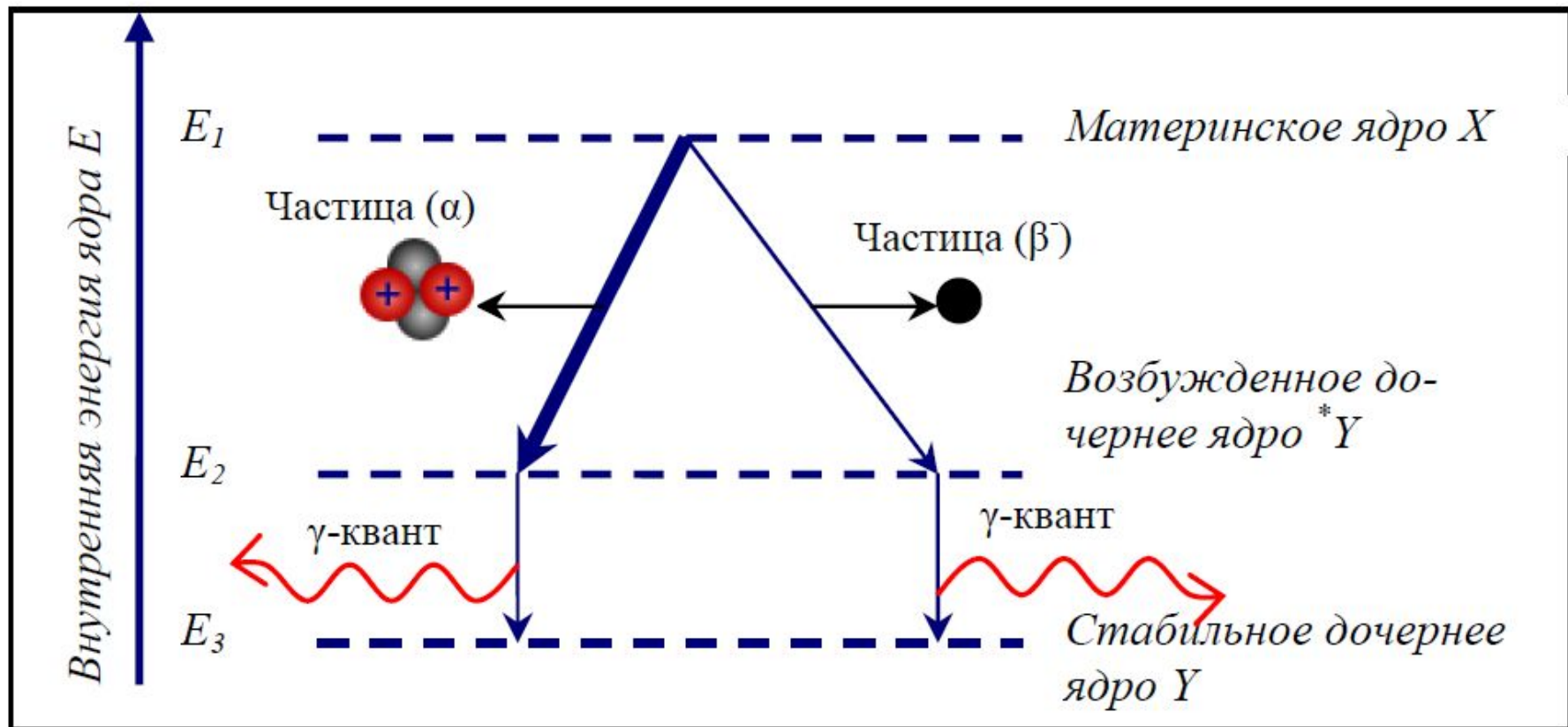
$$A = Z + N$$

Z – число протонов, атомный номер, N - число нейтронов

Изотопы - нуклиды с одинаковыми Z , но различными A и N

Изобары - нуклиды с одинаковыми A , но различными Z и N

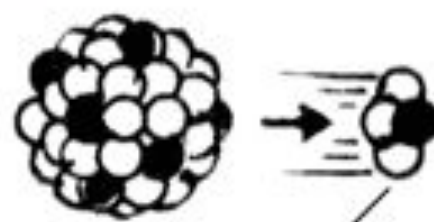
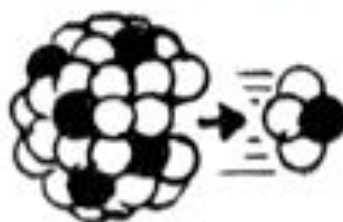
Изотоны - нуклиды с одинаковыми N , но различными Z и A



Альфа-распад



Ядро атома



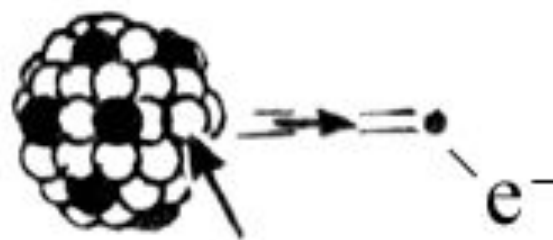
Альфа-частица

Бета-распад



Ядро атома

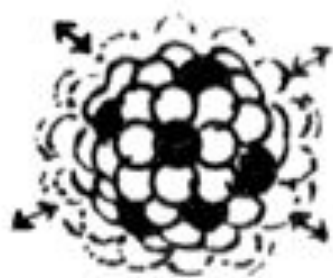
Нейтрон



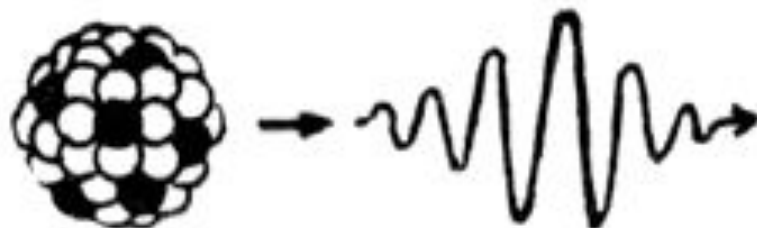
Протон

e⁻

Гамма-излучение



Возбуждённое ядро



Гамма-квант

α -излучение

это поток α -частиц (ядра гелия)

Пробег α -частиц практически прямолинеен.

При прохождении α -частиц через вещество происходит взаимодействие с электронами атомов.

При этом она либо выбивает электроны из оболочки атомов, либо переводит на более удаленную орбиту.

Если при движении α - частица выбивает электрон, образуются положительно заряженный ион, происходит ионизация среды.

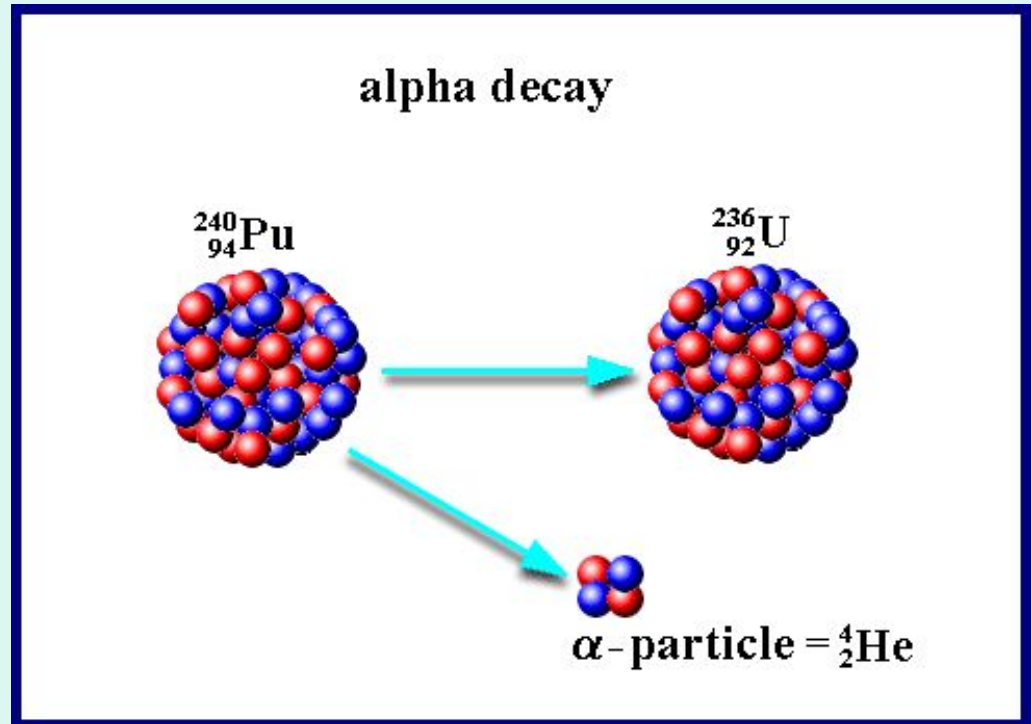
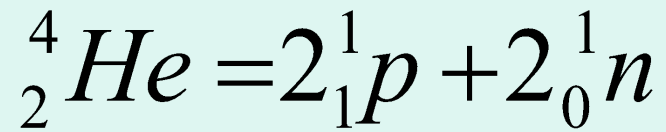
На ионизацию расходуется часть энергии α - частиц, она теряет скорость и постепенно останавливается. При этом она присоединяет к себе 2 электрона и становится электронейтральным атомом - атомом гелия.

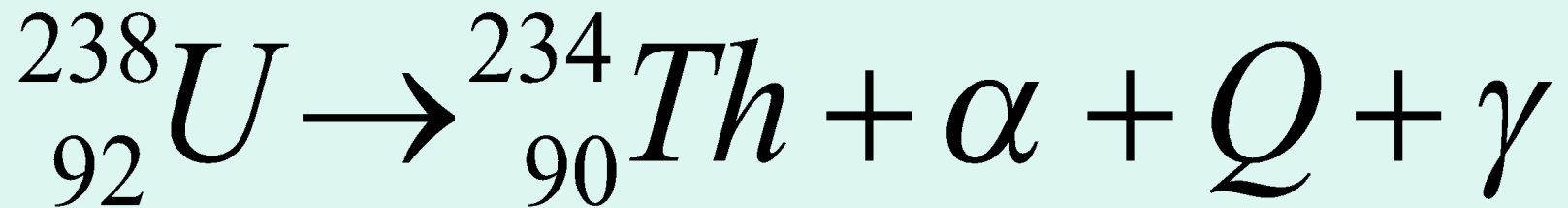
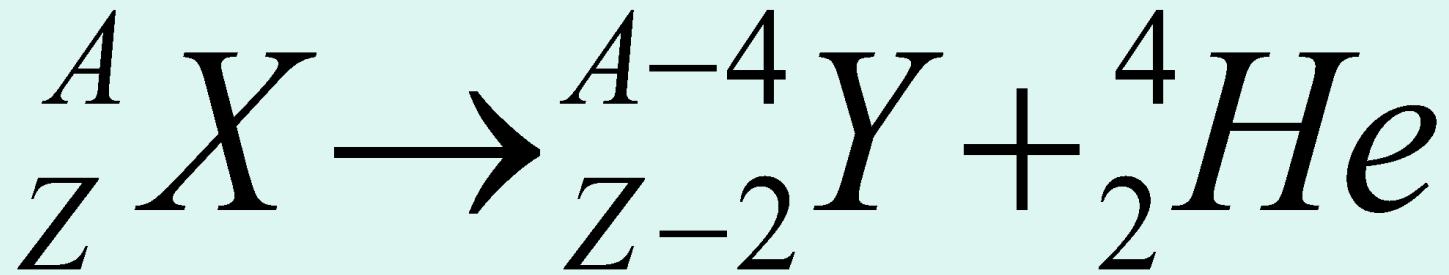
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВЕЩЕСТВОМ

Альфа-частицы

- Неупругие и упругие столкновения.
- Альфа-частицы распространяются от источника прямолинейно, теряют энергию главным образом при взаимодействии с электронами атомов.
- При этом происходят:
 - ионизация атомов или молекул;
 - возбуждение атомов или молекул;
 - выбивание атомов.
- Тяжёлая частица может вызвать ядерную реакцию.

Альфа-излучение – поток ядер гелия





Источник	Энергия, кэВ
${}^{226}\text{Ra}$	4781,82,4
${}^{210}\text{Po}$	5304,50,5
${}^{212}\text{Bi}$	6049,60,7
${}^{214}\text{Po}$	7688,40,6
${}^{212}\text{Po}$	8785,00,8

Взаимодействие β -излучения с веществом

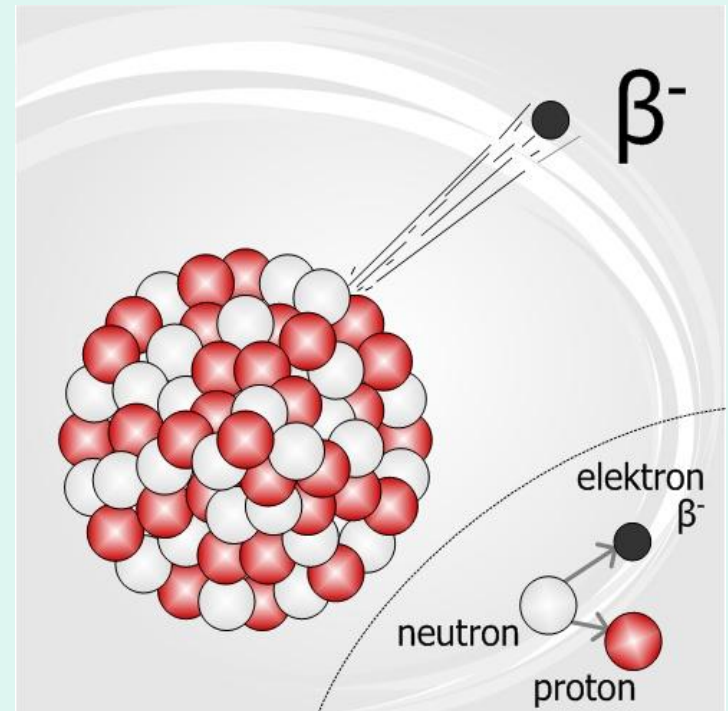
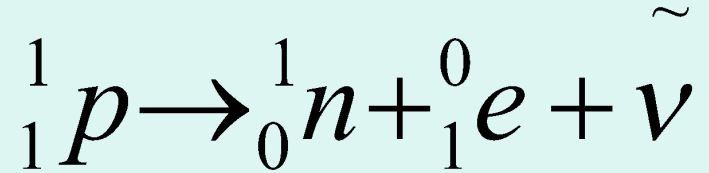
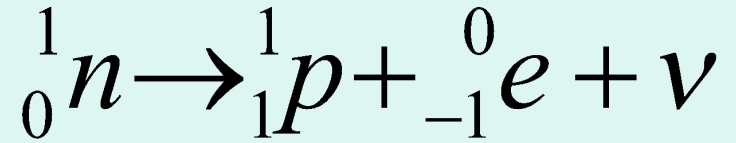
При движении в веществе электронов, они взаимодействуют с электронами оболочек атома, происходит ионизация среды.

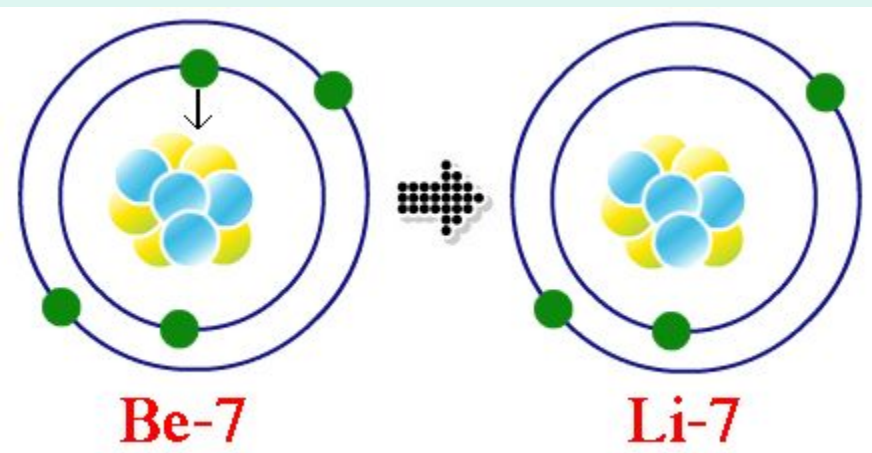
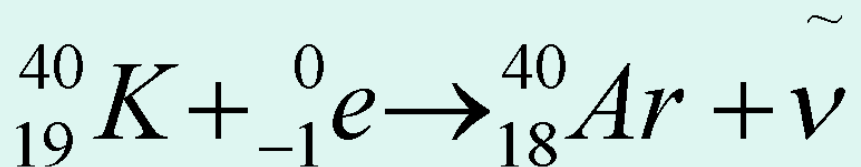
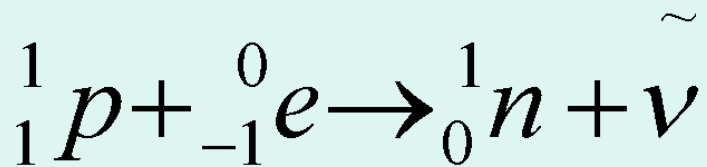
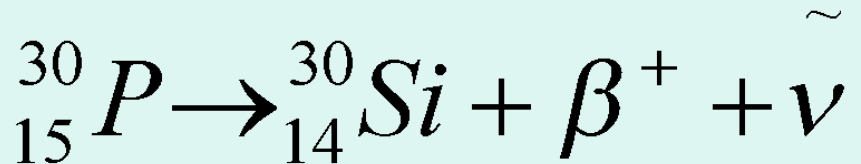
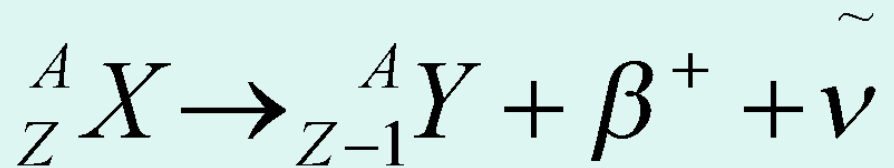
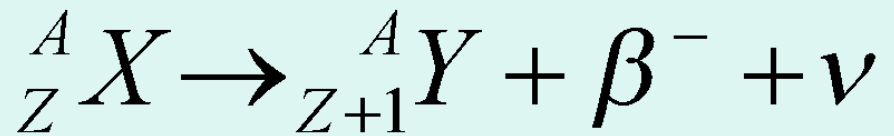
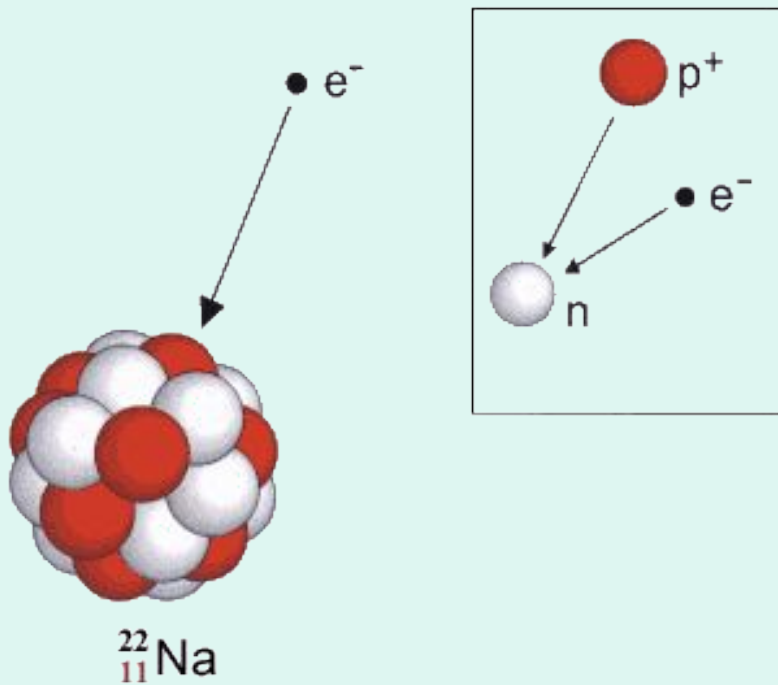
β -частица в 7000 раз меньше α -частицы, она движется непрямолинейно, имеет место эффект рассеяния β -частиц на электронах атома.

Если β -частица проходит вблизи ядра атома, то она тормозится в поле ядра, теряет скорость, энергию в виде тормозного излучения.

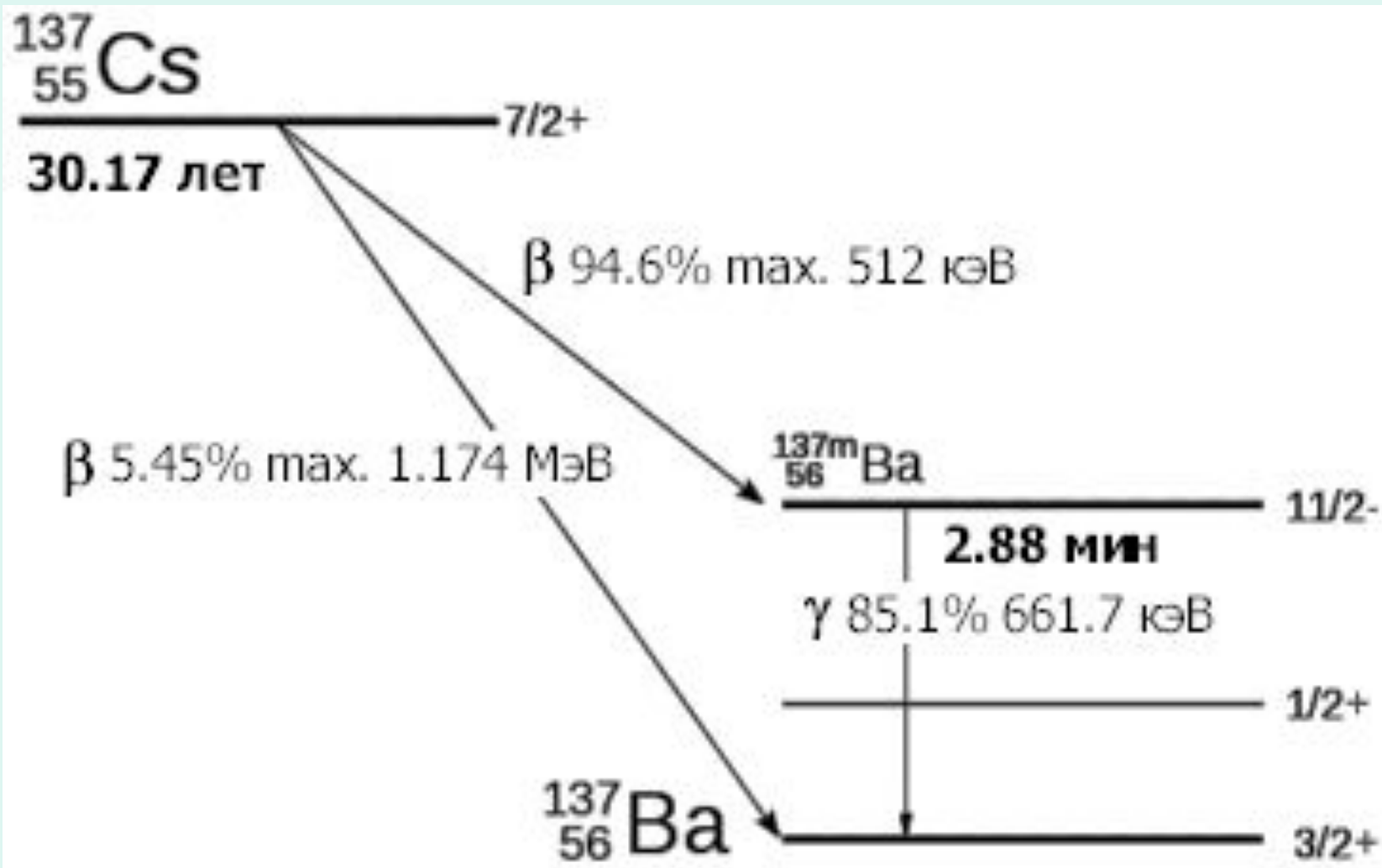
Для бета-частиц существенное значение имеет неупругое взаимодействие с атомными ядрами, приводящее к испусканию жёсткого электромагнитного излучения.

- **Бета-излучение** представляет собой поток электронов или позитронов *ядерного происхождения*.
- **Физические параметры электронов ядерного происхождения** (масса, заряд) такие же, как и у электронов атомной оболочки. Обозначаются бета-частицы символами B^- или e^- , B^+ или e^+ .
- Энергия, освобождаемая при каждом акте распада, распределяется между бета-частицей и нейтрино.

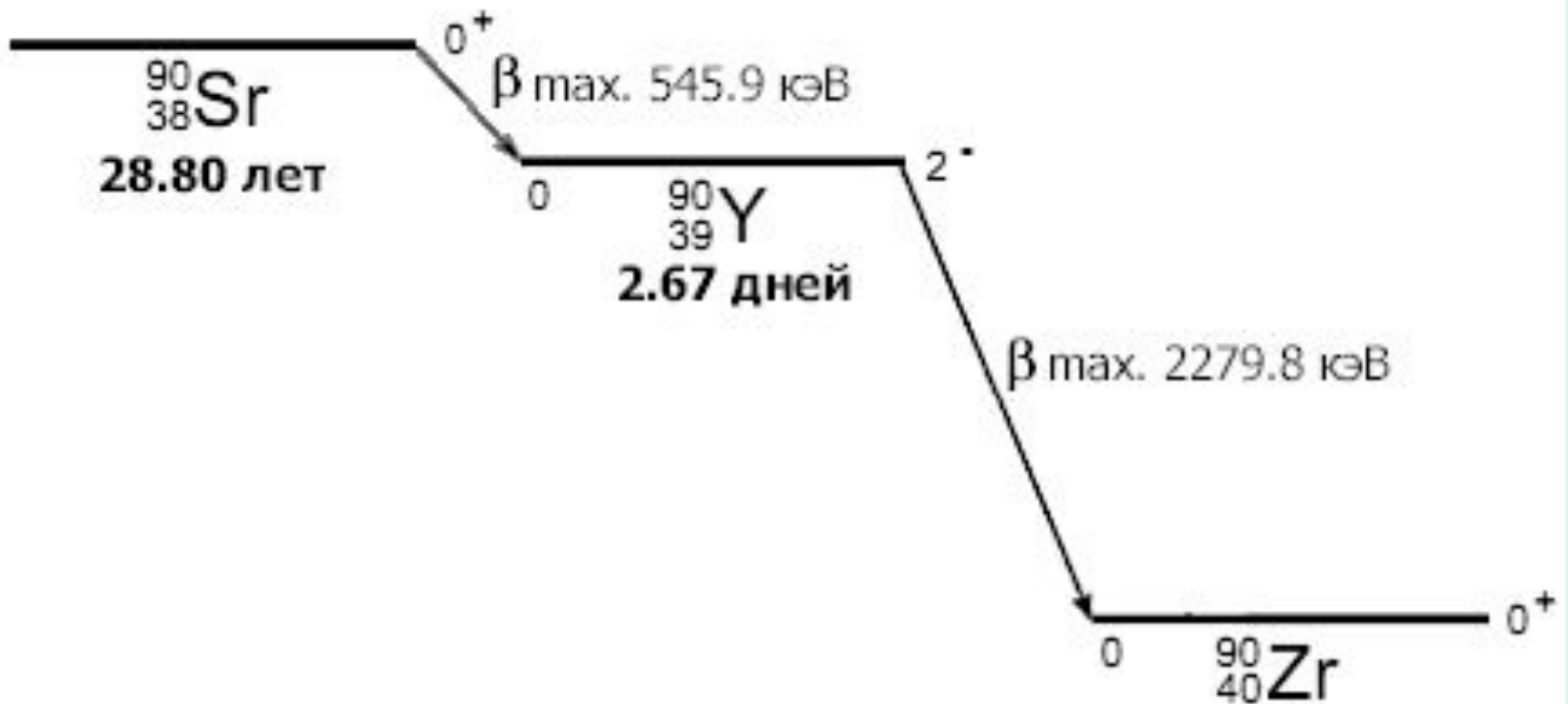




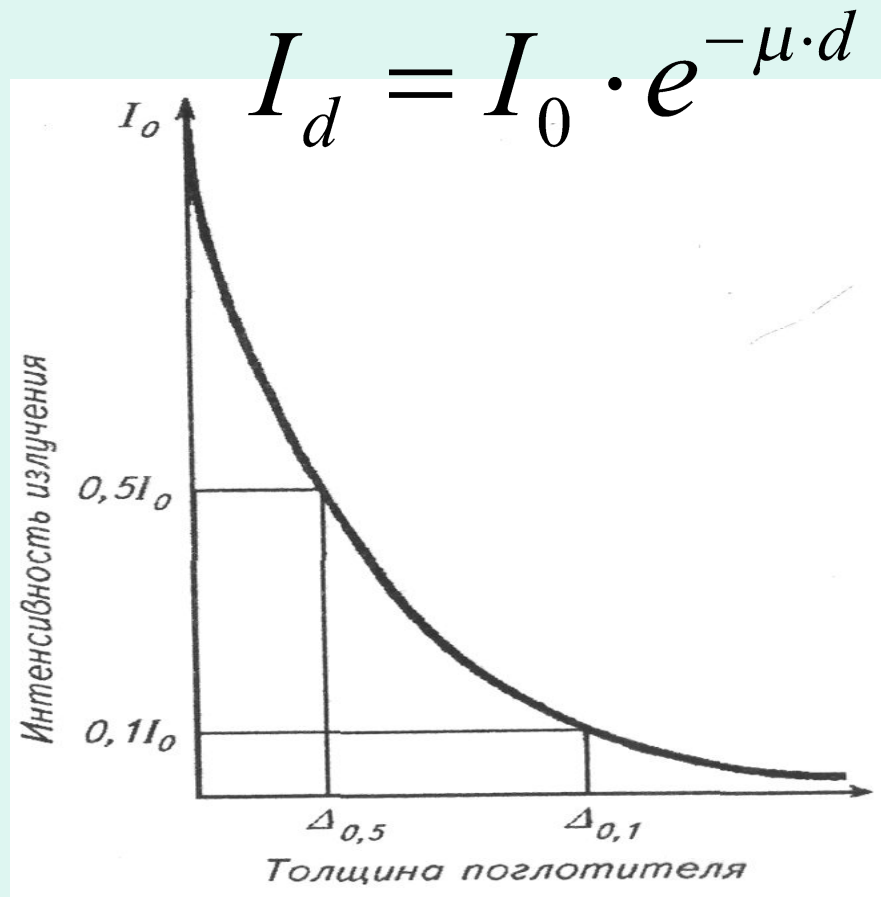
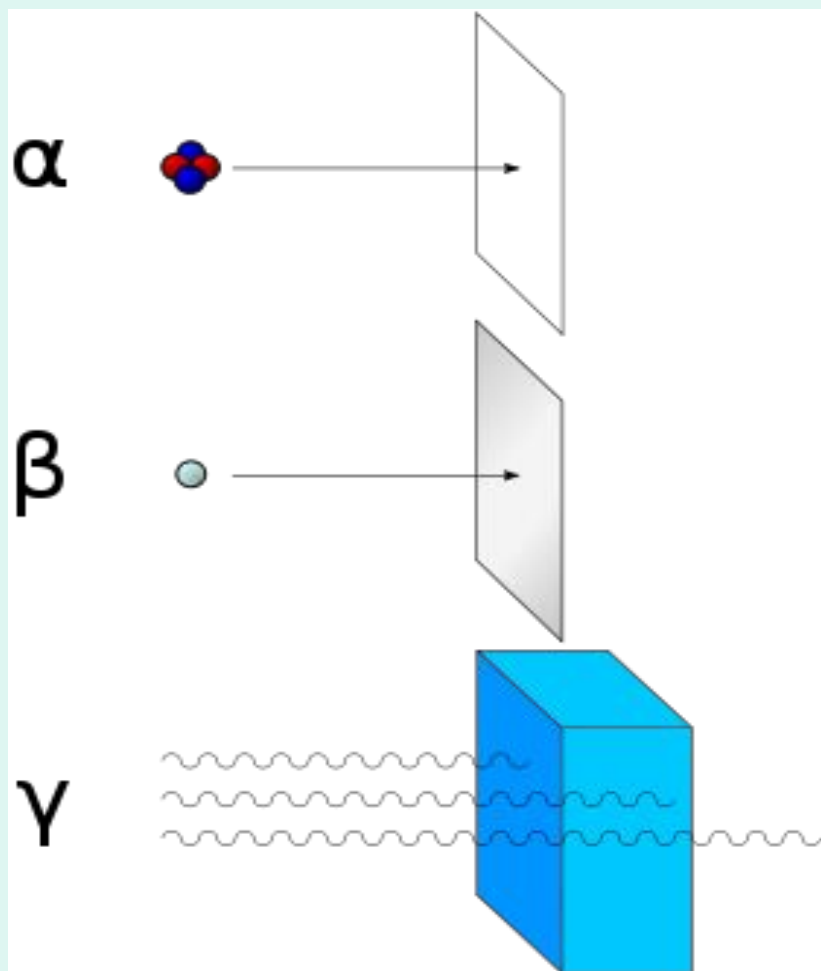
Распад радионуклида Cs-137



Распад радионуклида Sr-90



Взаимодействие ИИ с веществом



ОСЛАБЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЕЩЕСТВЕ

Взаимодействие ИИ с веществом

$$I_d = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$$

$$\frac{I_0}{I_d} = K,$$

кратность ослабления

I_0 - интенсивность γ -излучения, измеренная при отсутствии защитного экрана, квант/с;

I_d - интенсивность γ -излучения при наличии защитного экрана, толщиной d см;

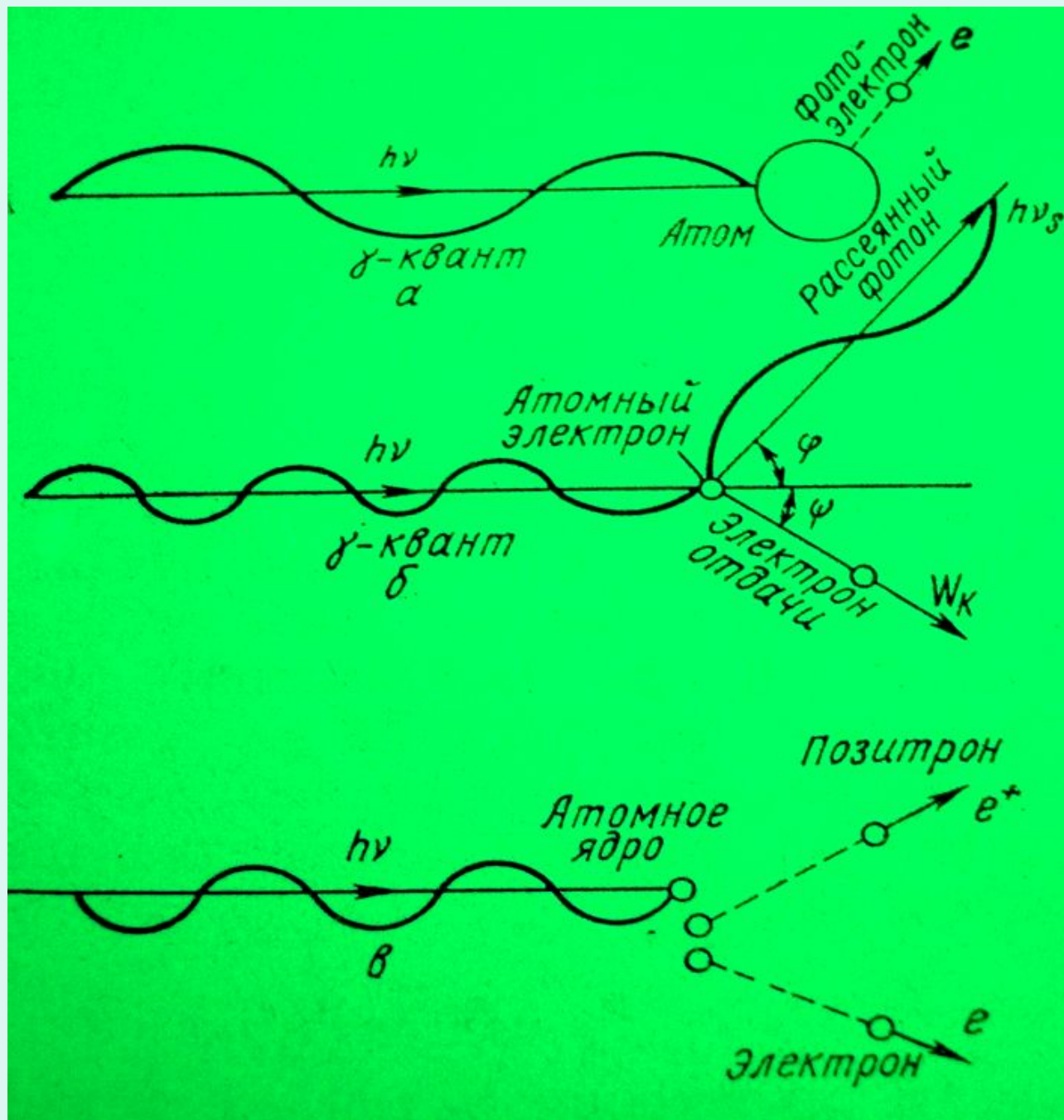
μ - линейный коэффициент ослабления γ -излучения в веществе, см^{-1} .

Взаимодействие γ -излучения с веществом

Гамма-кванты по пути перемещения передают часть энергии заряженным частицам, которые при своём движении ионизируют вещество.

Теряют энергию за счёт процессов фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар.

- *Фотоэлектрическое поглощение:* падающий гамма-квант поглощается атомом, при этом испускается один из электронов оболочки.
- *Комптоновское рассеяние:* при упругом столкновении с электроном фотон передаёт ему часть энергии и импульса.
- *Образование пар:* процесс превращения гамма-кванта в две частицы – электрон и позитрон $\gamma = e^{-} + e^{+}$



Взаимодействие γ -излучения с веществом.

Фотоэффект

При фотоэффекте гамма-квант (он же - фотон), попадая в вещество, поглощается и передает всю свою энергию одному из атомных электронов и выбивает его из атома.

При этом кинетическая энергия вылетевшего электрона равна энергии гамма-кванта за вычетом энергии связи электрона в ядре.

После выбивания электрона свободный уровень заполняется электроном с другой оболочки ядра и акт фотопоглощения (поглощения “попавшего” в вещество фотона) завершается испусканием вторичного низкоэнергетического гамма-излучения - флуоресценцией.

Как правило, электроны выбиваются с ближайшей к ядру К-оболочки.

Если энергия гамма-кванта меньше энергии связи К-электрона, то выбиваются электроны с других оболочек.

Фотоэффект наиболее вероятен при взаимодействии гамма-квантов небольшой энергии (до 200 кэВ) с веществами с большим Z (атомным номером).

Взаимодействие γ -излучения с веществом.

Эффект комптоновского рассеяния (Комтон-эффект)

При комpton-эффекте, в отличие от фотоэффекта гамма-квант не поглощается полностью в результате одного акта взаимодействия, а теряет свою энергию постепенно, путем упругого рассеяния на атомных электронах.

Упругое рассеяние - это когда сумма кинетических энергий частиц до взаимодействия и после него остается постоянной. Итак, при упругом рассеянии на атомном электроме гамма-квант передает ему часть своей энергии и изменяет направление своего движения (по аналогии с движением бильiardных шаров). И так далее, взаимодействуя с другими электронами, пока не потеряет энергию полностью.

Комpton-эффект преобладает над другими процессами взаимодействия гамма-квантов:

от 0,5 до 5 МэВ в свинце, от 0,1 до 10 МэВ в железе, от 0,05 до 15 МэВ в алюминии и от 0,02 до 23 МэВ в воздухе.

Взаимодействие γ -излучения с веществом.

Эффект образования пар

В поле ядра или атомного электрона гамма-квант может превратиться в электронно-позитронную пару, которой передается вся его энергия.

Суммарная кинетическая энергия электрона и позитрона равна энергии гамма-кванта за вычетом энергии покоя образованной пары - $2 m_0 c^2 = 1,022 \text{ МэВ}$

m -масса электрона, c - скорость света в вакууме

Поэтому эффект образования пар имеет энергетический порог - 1,022 МэВ. Образованный свободный позитрон нестабилен в присутствии электронов среды и быстро рекомбинирует с одним из них. При этом выделяется энергия 1,022 МэВ в виде двух аннигиляционных гамма-квантов (энергия каждого из них - 0,511 МэВ).

Аннигиляционное излучение имеет наибольшее значение для гамма-квантов с энергией более 6 МэВ и сред с атомным номером более 25.

Нейтронное излучение

Нейтрон не имеет электрического заряда, в свободном состоянии неустойчивая частица и претерпевает превращение. Масса покоя - $1,6748 \cdot 10^{-27}$ кг.

n, 0 - заряд нейтрона, 1 - масса

Излучение, обусловленное крупными незаряженными частицами, которые сами по себе не вызывают ионизации, но, “выбивая” электроны из их стабильных состояний, создают наведенную радиоактивность в материалах или тканях, сквозь которые они проходят.

Нейтронное излучение

Нейтронное излучение представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц.

В зависимости от энергии различают:

Медленные
нейтроны
(с энергией
менее 1 КэВ)

Промежуточные
нейтроны
(с энергией
от 1 до 500 КэВ)

Быстрые
нейтроны
(с энергией от
500 КэВ до 20 МэВ)

Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Тепловые нейтроны находятся по существу в состоянии термодинамического равновесия с тепловым движением атомов среды.

Нейтронное излучение

- Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфа- или бета-частиц.
- Длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см.
- Нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения.

Взаимодействие нейтронов с веществом

Не имея электрического заряда, нейтрон не взаимодействует с электрическим полем заряженных частиц и ядер атомов и может пройти значительное расстояние в поглощающем веществе до столкновения с ядром, т.е. при прохождении через поглощающее вещество нейтроны взаимодействуют только с ядрами атомов.

В поле ядра атома нейтроны в зависимости от их энергии могут испытывать различные типы взаимодействия:

Упругое
и неупругое
рассеяние

Радиационный
захват с
испусканием
фотона

Захват с
испусканием
заряженной
частицы

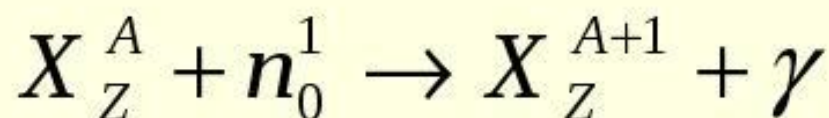
Деление
ядер

Взаимодействие нейтронов с веществом

- **Упругое рассеяние.** В этом виде взаимодействия нейтрон рассеивается ядром, изменяет направление движения, теряя часть своей энергии.
- Упругое рассеяние играет большую роль в ослаблении потока быстрых нейтронов. Наиболее эффективное ослабление на единицу массы наблюдается в водородосодержащих средах. Так как массы протона и нейтрона практически одинаковы, то при столкновении с ядром водорода, нейтрон в среднем теряет половину своей энергии. Поэтому в качестве замедлителей нейтронов используют водородосодержащие или легкие вещества – обычную или тяжелую воду, парафин, бериллий, углерод.
- В процессе упругого рассеяния энергия нейтрона постепенно уменьшается и приближается к энергии теплового движения атомов и молекул среды, равной $\sim 0,025$ эВ, т. е. такие нейтроны становятся тепловыми.

Взаимодействие нейтронов с веществом

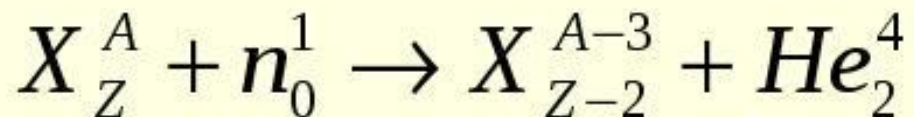
- Тепловой нейтрон будет блуждать в веществе до тех пор, пока не будет захвачен одним из ядер атомов поглощающей среды, в результате чего произойдет реакция:



т. е. образуется изотоп исходного элемента, а избыточная энергия, полученная ядром вследствие такой перестройки, испускается в виде γ -кванта. Этот тип взаимодействия называется радиационным захватом с испусканием фотона.

Взаимодействие нейтронов с веществом

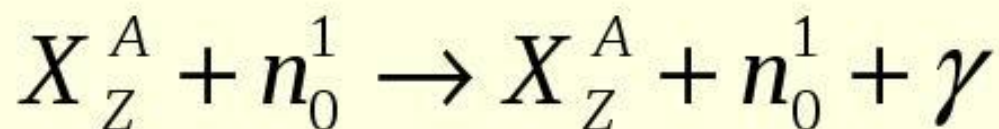
- Не только тепловые, но и быстрые нейтроны могут быть захвачены ядрами атомов. В результате произойдет ядерная реакция с вылетом α -частицы, протона и т. д. и образуется ядро другого элемента:



Этот тип взаимодействия называется радиационным захватом с испусканием заряженной частицы.

Взаимодействие нейтронов с веществом

➤ Неупругое рассеяние. При захвате нейтрона ядром может произойти ядерная реакция, в процессе которой образуется ядро исходного нуклида, но при этом энергия испущенного нейтрона меньше энергии захваченного:



В этом случае произойдет процесс неупругого рассеяния, поскольку суммарная энергия системы нейтрон + ядро до взаимодействия не равна энергии системы после взаимодействия.

Взаимодействие нейтронов с веществом

- **Деление ядер.** При захвате нейтрона некоторые тяжелые ядра способны делиться. В основном это ядра урана, тория, плутония. В процессе деления не только высвобождается более одного нейтрона, но и выделяется энергия около 200 МэВ на один акт деления. Большинство продуктов деления радиоактивны с различными периодами полураспада. Благодаря процессу деления ядер под воздействием нейтронов существует возможность использования ядерной энергии.
- При всех процессах взаимодействия нейтронов с веществом образуются либо заряженные частицы – ядра отдачи, α -частицы, протоны и т. д., непосредственно производящие ионизацию, либо γ -излучение, которое, производит ионизацию в результате вторичных процессов.

Спасибо за внимание!

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень		
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б			
1	1	H водород 1,008															He гелий 4,003	к		
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122	B бор 10,811	C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998									Ne неон 20,179	л		
3	3	Na натрий 22,99	Mg магний 24,312	Al алюминий 26,982	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453									Ar аргон 39,948	м		
4	4	K калий 39,102	Ca кальций 40,08	Sc скандий 44,956	Ti титан 47,867	V ванадий 50,941	Cr хром 51,996	Mn марганец 54,938	Fe железо 55,845	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,7							Kr криптон 83,8	н	
	5	Cu медь 63,546	Zn цинк 65,37	Ga галлий 69,72	Ge германий 72,59	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904												о
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62	Y иттрий 88,906	Zr цирконий 91,224	Nb ниобий 92,906	Mo молибден 95,94	Tc технеций [99]	Ru рутений 101,07	Rh родий 102,906	Pd палладий 106,4							Xe ксенон 131,3	п	
	7	Ag серебро 107,868	Cd кадмий 112,41	In индий 114,82	Sn олово 118,69	Sb сурьма 121,75	Te теллур 127,6	I йод 126,905												р
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,34	La-Pr лантаноиды	Hf гафний 178,49	Ta тантал 180,948	W вольфрам 183,85	Re рений 186,207	Os осмий 190,2	Ir иридий 192,22	Pt платина 195,09									с
	9	Au золото 196,967	Hg ртуть 200,59	Tl таллий 204,37	Pb свинец 207,19	Bi висмут 208,98	Po полоний [210]	At астат [210]											Rn радон [222]	д
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	Ac-Lr актиноиды	Rf реферфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [262]	Hn ханний [265]	Mt мейтнерий [268]	110									ф
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄											
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR												



Д.И. Менделеев
1834-1907



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

ЛАНТАНОИДЫ

57 La лантан 138,905	58 Ce церий 140,12	59 Pr празодим 140,908	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий [145]	62 Sm самарий 150,4	63 Eu европий 151,96	64 Gd гадолиний 157,25	65 Tb тербий 158,926	66 Dy диспрозий 162,5	67 Ho гольмий 164,930	68 Er эрбий 167,26	69 Tm тулий 168,934	70 Yb иттербий 173,04	71 Lu лютеций 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

АКТИНОИДЫ

89 Ac актиний [227]	90 Th торий 232,038	91 Pa протактиний [231]	92 U уран 238,029	93 Np нептуний [237]	94 Pu плутоний [244]	95 Am амерций [243]	96 Cm курий [247]	97 Bk беркелий [247]	98 Cf кальфорний [251]	99 Es эйзенштейний [254]	100 Fm фермий [257]	101 Md менделеевий [258]	102 No нобелий [259]	103 Lr лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Period	Groups 1...18 IUPAC 1989										Groups IA...VIIIB IUPAC 1970										Groups 1...18 IUPAC 1989										Groups IA...VIIIB IUPAC 1970									
	1s	2s		3s		4s		5s		6s		7s		8s		9s		10s		11s		12s		13s	14s		15s		16s		17s		18s							
1	1.00794 1 H Hydrogen Водород																							2.01504 2 He Helium Гелий																
2	6.941 3 Li Lithium Литий	9.012182 4 Be Beryllium Бериллий																						12.0043 5 B Boron Бор	12.011 6 C Carbon Углерод		14.003074 7 N Nitrogen Азот		15.9994 8 O Oxygen Кислород		18.9984032 9 F Fluorine Фтор		20.1797 10 Ne Neon Неон							
3	22.989770 11 Na Sodium Натрий	24.3050 12 Mg Magnesium Магний																						26.981538 13 Al Aluminum Алюминий	28.0855 14 Si Silicon Кремний		30.973761 15 P Phosphorus Фосфор		32.065 16 S Sulfur Сера		35.4527 17 Cl Chlorine Хлор		39.948 18 Ar Argon Аргон							
4	39.0983 19 K Potassium Калий	39.0983 20 Ca Calcium Кальций		44.955912 21 Sc Scandium Скандий		47.88 22 Ti Titanium Титан		50.9415 23 V Vanadium Ванадий		51.9961 24 Cr Chromium Хром		54.938 25 Mn Manganese Марганец		55.845 26 Fe Iron Железо		58.9332 27 Co Cobalt Кобальт		58.9332 28 Ni Nickel Никель		63.546 29 Cu Copper Медь		63.546 30 Zn Zinc Цинк		69.723 31 Ga Gallium Галлий		72.64 32 Ge Germanium Германий		74.9216 33 As Arsenic Мышьяк		78.96 34 Se Selenium Селен		79.904 35 Br Bromine Бром		83.80 36 Kr Krypton Криптон						
5	87.62 37 Rb Rubidium Рубидий	87.62 38 Sr Strontium Стронций		88.90584 39 Y Yttrium Иттрий		90.907 40 Zr Zirconium Цирконий		92.90638 41 Nb Niobium Никобий		92.90638 42 Mo Molybdenum Молибден		95.94 43 Tc Technetium Технеций		101.07 44 Ru Ruthenium Рутений		101.07 45 Rh Rhodium Родий		106.36 46 Pd Palladium Палладий		107.8682 47 Ag Silver Серебро		112.411 48 Cd Cadmium Кадмий		114.818 49 In Indium Индий		118.710 50 Sn Tin Олово		121.760 51 Sb Antimony Сурьма		127.60 52 Te Tellurium Теллур		127.60 53 I Iodine Йод		131.29 54 Xe Xenon Ксенон						
6	132.90545 55 Cs Cesium Цезий	137.327 56 Ba Barium Барий		137.327 57 La Lanthanum Лантан		175.10 58 Ce Cerium Церий		175.10 59 Pr Praseodymium Прометий		175.10 60 Nd Neodymium Неодим		175.10 61 Pm Promethium Прометий		175.10 62 Sm Samarium Самарий		175.10 63 Eu Europium Европий		175.10 64 Gd Gadolinium Гадолий		175.10 65 Tb Terbium Тербий		175.10 66 Dy Dysprosium Диспрозий		175.10 67 Ho Holmium Гольмий		175.10 68 Er Erbium Эрбий		175.10 69 Tm Thulium Тулий		175.10 70 Yb Ytterbium Иттербий		175.10 71 Lu Lutetium Лютеций								
7	223 87 Fr Francium Франций	226 88 Ra Radium Радий		227 89 Ac Actinium Актиний		227 104 Rf Rutherfordium Руфтерфорий		227 105 Db Dubnium Дубний		227 106 Sg Seaborgium Сиборгий		227 107 Bh Bohrium Борий		227 108 Hs Hassium Хассий		227 109 Mt Meitnerium Мейтнерий		227 110 Uun Ununium Унуний		227 111 Uuu Ununium Унуний		227 112 Uub Ununium Унуний		227 113 Unt Ununium Унуний		227 114 Uuq Ununium Унуний		227 115 Uup Ununium Унуний		227 116 Uuq Ununium Унуний		227 117 Uuh Ununium Унуний		227 118 Uuo Ununium Унуний						
8	261 103 Lr Lawrencium Лоренций	261 104 Rf Rutherfordium Руфтерфорий		261 105 Db Dubnium Дубний		261 106 Sg Seaborgium Сиборгий		261 107 Bh Bohrium Борий		261 108 Hs Hassium Хассий		261 109 Mt Meitnerium Мейтнерий		261 110 Uun Ununium Унуний		261 111 Uuu Ununium Унуний		261 112 Uub Ununium Унуний		261 113 Unt Ununium Унуний		261 114 Uuq Ununium Унуний		261 115 Uup Ununium Унуний		261 116 Uuq Ununium Унуний		261 117 Uuh Ununium Унуний		261 118 Uuo Ununium Унуний										

* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1985)
 * Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (показывает число в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1985)
 {} Alternative english name
 {} American spelling of the element's name
 {} Alternative russian english name
 {} American spelling of the element's name
 {} American spelling of the element's name

© P.C.Сайфуллин, А.Р.Сайфуллин, 2004
 © R.S.Saifullin, A.R.Saifullin, 2004