

Тема лекции:

Физические основы радиобиологии.
Строение атома. Характеристика
элементарных частиц. Масса ядра,
дефект массы. Ядерные силы,
ионизация, возбуждение

Основная литература:

1. Радиобиология (Белов А.Д., Киршин В.А.,
Лысенко Н.П., Пак В.В., Рогожина Л.В.). М.
Колос, 1999 г.

В природе всё состоит из простых и сложных веществ. К простым относят *химические элементы*, к сложным – *химические соединения*.

Атом (неделимый) – мельчайшая частица химического элемента, которая является носителем его *химических свойств*.

Молекула – мельчайшая частица сложного в-ва, состоящая из атомов одного или нескольких элементов.

Атом любого элемента состоит из элементарных частиц (протоны, нейтроны, мезоны, электроны...). Если атом разделить на элементарные частицы, то он утратит свои свойства.

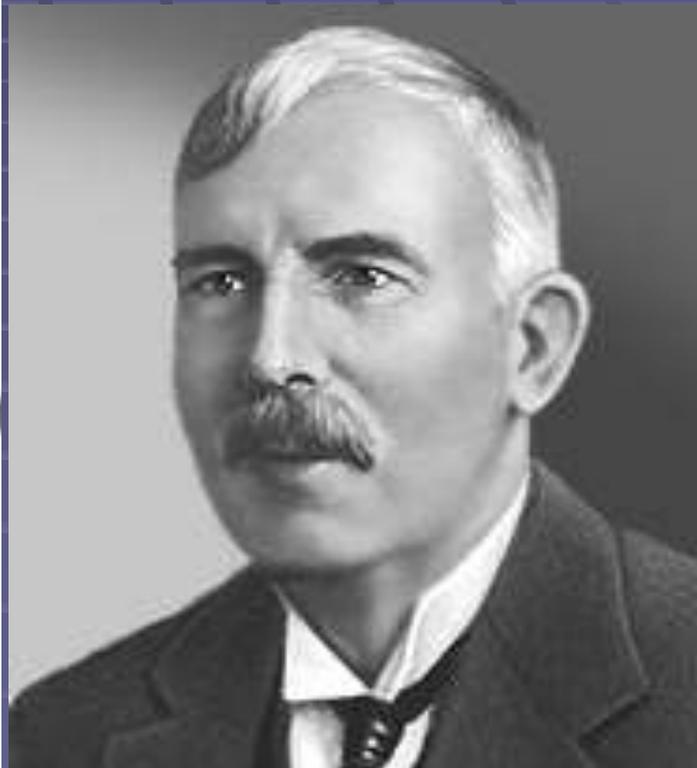
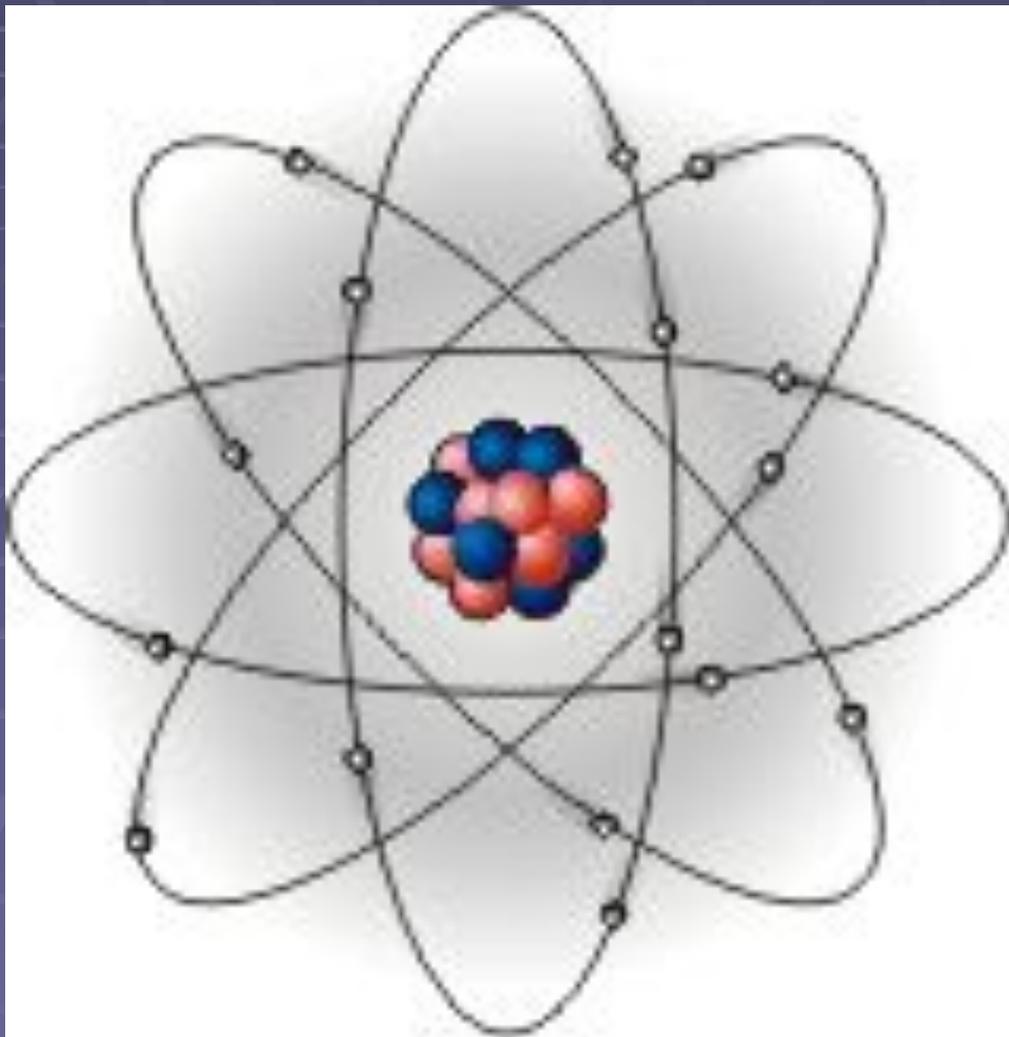
Атомы разных элементов различаются числом элементарных частиц.

Строение атома:

- В 1911 г. Резерфорд предложил планетарную модель атома, в 1913 г. Н.Бор её развил.
- Согласно этой теории в центре атома находится положительно заряженное ядро. Вокруг ядра вращаются отрицательно заряженные электроны, образующие электронную оболочку.

1. Строение атома.

2. Резерфорд Эрнест
(1871-1937)



Электрон (e^- , β^-) – устойчивая элементарная частица с массой покоя 0,000548 А.Е.М. ($9,1 \times 10^{-28}$ Г).

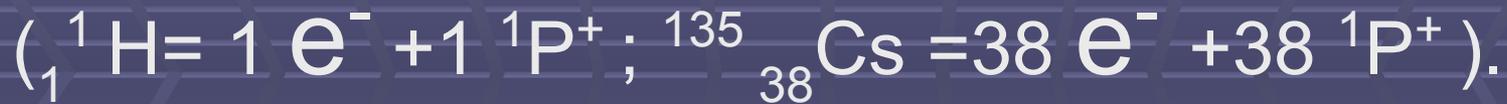
А.Е.М. – это относительная величина атомной массы, которая показывает во сколько раз атом (частица) тяжелее 1/12 части ^{12}C . Энергетический эквивалент 1 А.Е.М. равен 931 МэВ.

1 эВ – энергия, которую приобретает e^- , проходя 1 см пути в электрическом поле с разностью потенциалов 1 В, (1 КэВ = 10^3 эВ, 1 МэВ = 10^6 эВ).

Заряд e^- – принят за единицу и является

($1,6 \cdot 10^{-19}$ СГС)

В атоме суммарное число e^- равно сумме протонов (${}^1P^+$). Поэтому атомы по заряду нейтральны.



Силы действующие на e^- в атоме:

1. Кулоновские силы (притягивают e^- к ядру)
2. Центробежные силы (противоположны кулоновским)
3. Спин -вращение e^- вокруг собственной оси.

Все эти силы вместе обеспечивают устойчивое положение электрона в атоме

- У электронов происходит эффект экранирования: -это сила отталкивания одних e^- от других. Она ослабляет связь с ядром удаленных e^- . На внешних орбитах энергия связи e^- минимальна (1-2 эВ). На внутренних орбитах (К-слой) энергия связи максимальная и возрастает с увеличением атомного номера элемента ($y \text{}^{12}_6\text{C} = 0,28 \text{ КэВ}$, $y \text{}^{90}_{30}\text{Sr} = 16 \text{ КэВ}$, $y \text{}^{137}_{55}\text{Cs} = 36 \text{ КэВ}$, $y \text{}^{235}_{92}\text{U} = 280 \text{ КэВ}$).
- Ядро атома – состоит из протонов (1_1p) и нейтронов (1_0n) связанных ядерными силами с огромной энергией. 1_1p и 1_0n в ядре могут превращаться друг в друга: ($^1_1p \rightarrow ^1_0n + e^+ + \nu$); ($^1_0n \rightarrow ^1_1p + e^- + \bar{\nu}$).
- Протон (1_1p) – устойчивая элементарная частица с массой покоя 1,00758 а.е.м. ($1,6725 \times 10^{-24} \text{ г}$).
 Масса одного $^1_1p =$ массе 1840 e^- . Он имеет один элементарный положительный заряд = заряду e^+ .

Простейший атом- ${}^1_1\text{H}$ – это один ${}^1_1\text{p}$ и один e^- .

Число ${}^1_1\text{p}$ в ядре постоянно для каждого элемента. Оно отражает атомный номер элемента.

${}^1_0\text{n}$ – электрически нейтральная частица. Обладает большой проникающей способностью, это несет в себе большую биологическую опасность.

В ядрах лёгких устойчивых элементов отношение

${}^1_1\text{p} / {}^1_0\text{n} = 1$. У всех элементов начиная со скандия (${}^{45}_{21}\text{Sc}$) – число нейтронов больше числа протонов. В ядрах самых тяжёлых элементов нейтронов в 1,6 раза больше, чем протонов (${}^{238}_{92}\text{U}$ -сод. 92 протона и 146 нейтронов).

Ядро атома имеет диаметр = 10^{-13} - 10^{-12} см (0,0001 диаметра атома), однако в нём сосредоточено 99,95-99,98 % массы атома. Рассчитано, что 1 см³ ядерного вещества составил бы 100-200 млн.т

- Атомы обозначают символами: $^{14}_6\text{C}$. Вверху пишут массовое число (14), а внизу заряд атома (6).

$^{14}_6\text{C}$ ($\text{C } ^{14}_6$) – полное название; ^{14}C – краткое;
C-14 – устаревшее.

Ядерные силы обусловлены непрерывным обменом между нуклонами π–мезонов (пионов). Они взаимодействуют только с ограниченным числом нуклонов действуют только в пределах ядра (10^{-13} см). При возрастании в ядре числа нуклонов эти силы слабеют, поэтому тяжёлые ядра не стабильны.

Если рассчитать массу ядра по формуле : $m_{\text{я}} = m_{\text{p}} N_{\text{p}} + m_{\text{n}} N_{\text{n}}$, то $m_{\text{я}} = 1,0076 + 1,00892 = 4,033$ а.е.м. (^2_2He). Однако фактическая масса его меньше на 0,03 а.е. м. Это явление называют дефектом массы (Δm).
 $\Delta m = m_{\text{расчётная}} - m_{\text{фактич.}}$ Δm – показывает сколько энергии выделяется при синтезе ядра из нейтронов

- Энергию синтеза можно рассчитать по формуле Эйнштейна: $E = m c^2$, где E -энергия (эрг); m -масса (г); $c = 3 \times 10^{10}$ см/сек.
- Любому изменению массы соответствует эквивалентное изменение её энергии. Т.е. $\Delta E = \Delta m c^2$, т.к. $1 \text{ а.е.м.} = 931 \text{ МэВ}$, то $\Delta E (^4_2\text{He}) = 0,03 \text{ а.е.м.} \times 931 \text{ МэВ} = 27,93 \text{ МэВ}$ (28 МэВ).
- Среднюю энергию связи одного нуклона называют удельной энергией связи. Для ^4_2He она равна:
 $28/4 = 7 \text{ МэВ}$.
В среднем для всех атомов она равна 8 МэВ.
Химическая энергия связи на 1 атом = 2-5 эВ, т.е. в 10^6 раз меньше

Ядра атомов одного и того же элемента могут различаться по числу нейтронов. Большинство химических элементов- это смесь атомов с различным числом нейтронов, называемых **ИЗОТОПАМИ**.

ИЗОТОПЫ - атомы одного и того же элемента (с одинаковым зарядом ядра), но имеющие разное массовое число за счет разного количества нейтронов. Они имеют одинаковые электронные оболочки и очень близки по своим физико-химическим свойствам.

Большинство природных элементов –это смесь 2-10 изотопов.

Атомы всех химических элементов называют **НУКЛИДАМИ**.

РАДИОНУКЛИДЫ – радиоактивные атомы. Сейчас известно около 300 стабильных и более 1500 радиоактивных изотопов.

ИЗОМЕРЫ- атомы одного элемента с одинаковым массовым числом, но ядра которых находятся в разном энергетическом состоянии.

ИЗОТОНЫ – ядра атомов разных элементов с одинаковым числом нейтронов (^{13}C -7 n. ^{14}N -7 n)

ИЗОБАРЫ- ядра с одинаковым массовым числом, но с разным атомным номером ($_{18}\text{Ar}$ -40, $_{19}\text{K}$ -40, $_{20}\text{Ca}$ -40).