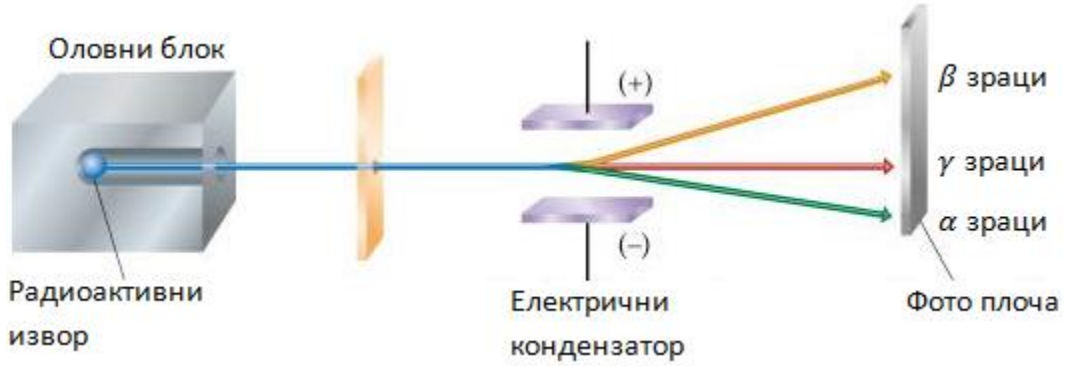
ФИЗИКА АТОМСКОГ ЈЕЗГРА

Максим Мичета

Радиоактивни распади

Радиоактивна зрачења имају различите природе, што је први открио Радефорд. Он је радиоактивно зрачење пропуштао кроз електрично поље и уочио је да се сноп радиоактивног зрачења дијели на три дијела. На тај начин је зрачење подијелио на:

- $\boldsymbol{\alpha}$ **зраке**, које чине језгра хелијума (два протона и два неутрона);
- $\boldsymbol{\beta}$ **зраке**, које чине електрони или позитрони. Позитрон је честица која има све исте особине као електрон, само је позитивно наелектрисан;
- $\boldsymbol{\gamma}$ **зраке**, које представља електромагнетно зрачење велике фреквенције.

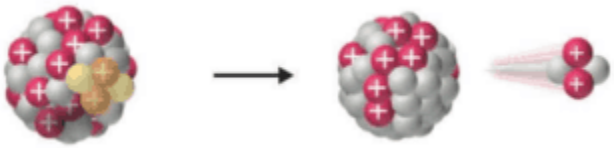


- *Алфа-распад*

Унутар самих језгара постоје групе нуклеона међу којима су јаче везе, него са осталим нуклеонима. Због тога је такво језгро нестабилно и тежи томе да се трансформише у стабилније језгро.

Такав прелаз се дешава уз емитовање α честице. Ово емитовање α честице квантна физика објашњава такозваним тунел ефектом, јер она нема довољну енергију да прескочи потенцијалну баријеру која је присутна у језгру. При алфа-распаду редни број језгра се смањује за 2, а масени за 4:

$$\boxed{{}_{Z}X^{A} \rightarrow {}_{Z-2}Y^{A-4} + {}_{2}\alpha^{4}}$$



Ако претпоставимо да језгро предак мирује прије распада, закон одржања енергије имаће облик:

$$m_X c^2 = m_Y c^2 + T_Y + m_\alpha c^2 + T_\alpha$$

гдје су $m_X c^2$, $m_Y c^2$ и $m_\alpha c^2$ масе мировања, а T_Y и T_α кинетичке енергије одговарајућих честица.

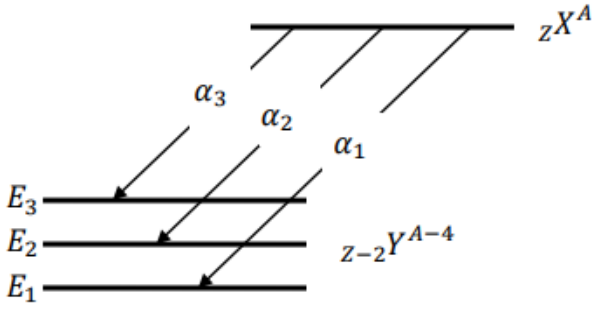
Енергија ослобођена у току једног алфа-распада је:

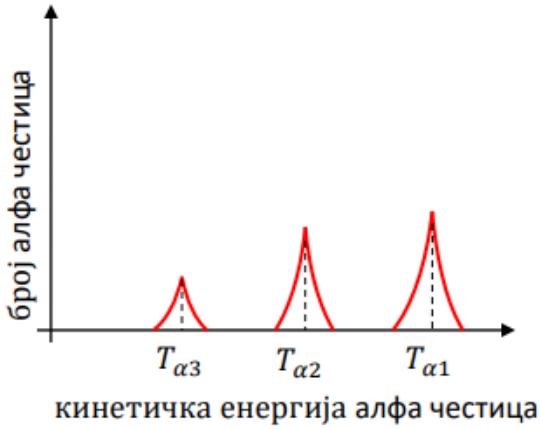
$$Q = m_X c^2 - m_Y c^2 - m_\alpha c^2 = T_Y + T_\alpha$$

Пошто је маса језгра потомка Y много већи од масе α честице, онда се кинетичка енергија потомка може потпуно занемарити, па је:

$$\boxed{Q = m_X c^2 - m_Y c^2 - m_\alpha c^2 \approx T_\alpha}$$

а како су масе претка, потомка и α честице коснтанте, константна је и кинетичка енергија α честице. Међутим, експерименти показују да се при алфа-распадима добијају групе α честица различитих енергија. То се објашњава на начин да се новонастало језгро може наћи у побуђеним стањима.





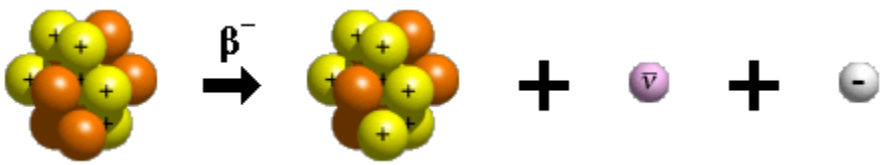
- *Бета-распад*

Постоје двије врсте бета-распада: електронски бета-распад и позитронски бета-распад.

Електронски бета- распад

При електронском бета-распаду неутрон се трансформише у протон и електрон при чему се емитује и честица која се назива антинеутрино:

$$\boxed{{}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0 + \bar{\nu}}$$



Усљед ове трансформације не мијења се масени број језгра, а редни се повећа за 1:

$$\boxed{{}_ZX^A \rightarrow {}_{Z+1}Y^A + {}_{-1}e^0 + \bar{\nu}}$$

Опет, ако претпоставимо да језгро предак X прије распада мирује, онда закон одржања енергије има облик:

$$m_Xc^2 = m_Yc^2 + T_Y + m_ec^2 + T_e + T_{\bar{\nu}}$$

јер антинеутрино нема енергију (масу) мировања. Због тога је ту честицу јако тешко детектовати. На почетку се чак сматрало да се при електронском бета распаду емитује само електрон. Међутим, то није било у складу са законом одржања енергије, што ћемо тек видјети.

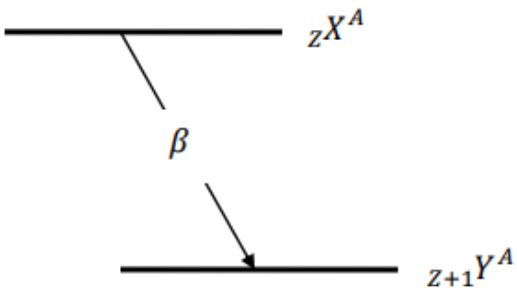
Енергија која се ослобађа при распаду је:

$$Q = m_Xc^2 - m_Yc^2 - m_ec^2 = T_Y + T_e + T_{\bar{\nu}}$$

а пошто кинетичку енергију потомка Y и масу електрона можемо занемарити, добијамо:

$$Q \approx m_X c^2 - m_Y c^2 \approx T_e + T_{\overline{\nu}}$$

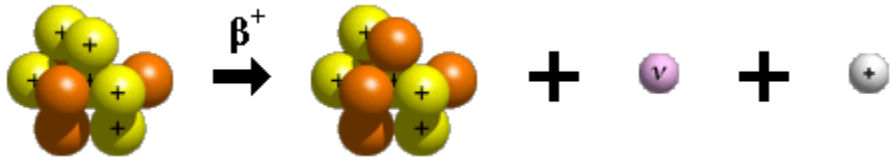
Како је енергија мировања честица константна, то је и енергија распада тачно одређена. Међутим, пошто се та енергија дијели између антинеутрина и електрона, спектар бета зрачења је континуалан: електрон може имати било коју енергију између 0 и Q.



Позитронски бета-распад

При позитронском бета-распаду, протон се трансформише у неутрон при чему се емитује позитрон и неутрино.

$$_1p^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_1e^0 + \nu$$



При овоме се редни број језгра смањује за један, док масени број остаје исти:

$$_ZX^A \rightarrow {}_{Z-1}Y^A + {}_1e^0 + \nu$$

Према закону одржања енергије:

$$m_X c^2 = m_Y c^2 + T_Y + m_e c^2 + T_e + T_\nu$$

пошто ни неутрино нема енергију мировања.

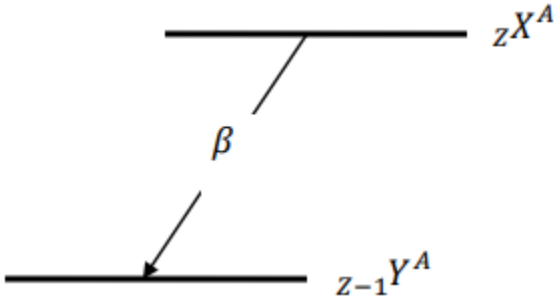
Енергија ослобођења при овом распаду је:

$$Q = m_X c^2 - m_Y c^2 - m_e c^2 = T_Y + T_e + T_\nu$$

односно:

$$\boxed{Q \approx m_X c^2 - m_Y c^2 \approx T_e + T_\nu}$$

Одакле опет слиједи да је енергетски спектрар позитронског бета зрачења континуалан.



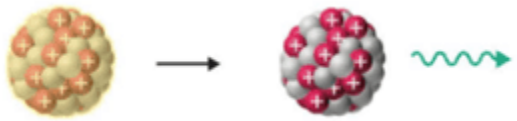
Електронски захват

Он се дешава када језгро захвати (апсорбује) електрон из електронског омотача. При томе долази до интеракције (трансформисања) електрона и протона, при чему настаје неутрон уз емитовање неутрина:

$$\boxed{{}_1p^1 + {}_{-1}e^0 \rightarrow {}_0n^1 + \nu}$$

При овом распаду, редни број језгра се смањи за 1, док масени број остаје исти. Највјероватнији захват је захват електрона из најближе (K) љуске, што се назива ***K*-захват електрона**. Након тога, електрони прелазе са виших љуски попуњавајући упражњено мјесто на K љусци што је праћено емисијом фотона.

- Гама-распад

Већ смо видјели да приликом алфа и бета распада новонастало језгро може бити у побуђеном стању. Након одређеног времена они се враћају у основно стање при чему се емитује фотон, што представља гама зрачење. Дакле, алфа-распад и бета-распад су често праћени гама-распадом.

Пошто и у језгру постоје тачно одређени енергетски нивои, спектар гама зрачења је дискретан.