



## Увод

Експерименти Радерфорда и његових сарадника, на основу којих је утврђен Радерфордов модел атома, указали су на то да је атом изграђен од позитивно наелектрисаног језгра и електрона који круже око њега. Исти експерименти показивали су и да су димензије језгра знатно мање од димензија атома. Таква структура атома прихваћена је и у савременој физици, а од тада се **нуклеарна физика** издваја као посебна наука.

Језгро је централни дио атома. У њему је сконцентрисано цјелокупно позитивно наелектрисање атома и готово цјелокупна маса атома.

### - Структура језгра

Утврђено је да се у саставу језгра налазе двије врсте честица: **протони** и **неутрони**. Ове честице имају приближно једнаке масе, а њихов заједнички назив је **нуклеони**.

Број протона у језгру се зове **редни број језгра** и означава се са  $Z$ . Наелектрисање протона је позитивно и по апсолутној вриједности једнака је наелектрисању електрона. Број неутрона у језгру се обично обиљежава са  $N$ . Укупан број протона ( $Z$ ) и неутрона ( $N$ ) назива се **масени број језгра** и обиљежава се са  $A$ :

$$A = Z + N$$

Уобичајена ознака за језгро је  ${}_Z X^A$ , гдје је  $X$  хемијски симбол елемента. На примјер, језгро хелијума има два протона и два неутрона (четири нуклеона), па је његова ознака  ${}_2 He^4$ .

Масени број језгра показује и моларну масу одговарајућег атома у јединицама  $\frac{g}{mol}$ . На примјер, моларна маса језгра  ${}_2 He^4$  је  $4 \frac{g}{mol}$ .



Језгра која имају исти редни број, а различите масене бројеве зову се **изотопи**. Већина хемијских елемената у природи има стабилне изотопе. На примјер, водоник има три изотопа од којих су два стабилна: обични водоник  ${}_1H^1$  и деутеријум  ${}_1H^2$ , а трећи изотоп је трицијум  ${}_1H^3$ , који је нестабилан.

Језгра која имају исти масени број, а различите редне бројеве зову се **изобари** (нпр. изобари су  ${}_{18}Ar^{40}$  и  ${}_{20}Ca^{40}$ ).

## - Димензије језгра

Димензије језгра су првобитно биле процјењене на основу резултата расијања  $\alpha$ -честица на језгрима атома у златној фолији (Радерфордov експеримент). Процјена је била прецизнија на основу расијања неутрона на језгрима. Експерименти показују да су димензије језгра, у поређењу са димензијама атома, веома мале: димензије атома су реда величине  $10^{-10}m$ , док су димензије језгра реда величине од  $10^{-15}m$  до  $10^{-14}m$ . Дакле, језгро је око  $10^5$  пута мањег пречника од пречника атома, док је у њему смјештено 99,9% његове масе. Језгра већег масеног броја имају и веће димензије.

Полупречник атомског језгра се може одредити помоћу формуле:

$$r = r_0 \sqrt[3]{A}$$

гдје је  $r_0$  полупречник језгра атома водоника ( $r_0 \approx 1,4 \cdot 10^{-15}m$ ), а  $A$  масени број језгра.

## - Маса језгра и дефект масе

Масе атома и нуклеона су веома мале па није практично да се изражавају у килограмима. Због тога се уводи **атомска јединица масе** која је једнака  $\frac{1}{12}$  масе атома угљениковог изотопа  ${}_6C^{12}$  и износи:



$$1u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$$

Према Ајнштајновој једначини о еквивалентности масе и енергије  $E = mc^2$ , може се одредити енергија еквивалентна атомској јединици масе. Она се **назива атомска јединица енергије**, и износи:

$$1uc^2 = 931,5MeV$$

Претпоставимо да смо измјерили појединачне масе четири куглице и да оне износе  $3g$ ,  $1,5g$ ,  $2,5g$  и  $2g$ , а затим смо измјерили укупну масу када су куглице заједно. Логично је да ће резултат мјерења укупне масе бити једнак збиру појединачних маса, тј.  $9g$ . Међутим, ово се не може примјенити на нуклеоне. Када се измјере појединачне масе нуклеона као слободних честица у стању мировања, затим маса језгра које чине сви ти нуклеони, добија се да је маса језгра мања од збира маса нуклеона. Овај мањак се назива дефект масе.

**Дефект масе језгра** је разлика укупне масе свих појединачних нуклеона у саставу језгра и масе самог језгра. Ако језгро има  $Z$  протона и  $N$  неутрона, дефект масе је:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_{jez}$$

гдје је  $m_p$  маса протона,  $m_n$  маса неутрона, а  $m_{jez}$  маса језгра.

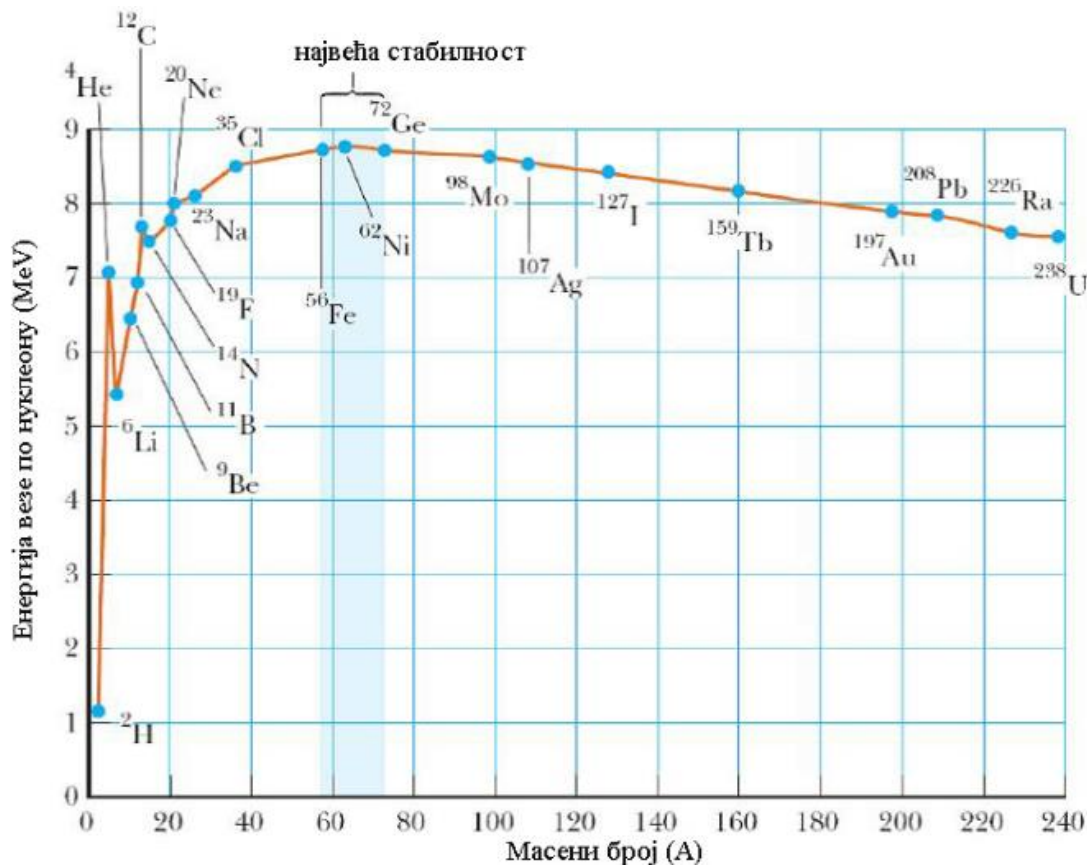
Поставља се питање: гдје је нестао тај дио масе,  $\Delta m$ ? Одговор на ово питање даје Ајнштајнова једначина о еквивалентности масе и енергије,  $E = mc^2$ . Дио масе, при формирању језгра, се директно претворио у енергију која се назива енергија везе језгра.

**Енергија везе језгра** једнака је енергији коју је потребно предати језгру да би се језгро разбило на појединачне нуклеоне у стању мировања. Односно, енергија везе језгра једнака је разлици енергије слободних нуклеона у стању мировања и њихове енергије у саставу језгра. Енергија везе језгра одређена је дефектом масе и добија се по формули:

$$E_v = \Delta mc^2$$

Енергија везе зависи од броја нуклеона у језгру. Ради лакшег упоређивања енергије везе за различите нуклеоне уводи се појам специфичне енергије везе.

**Специфична енергија везе** једнака је енергији везе језгра по једном нуклеону  $f = \frac{E_v}{A}$ . Што је већа специфична енергија везе, то је потребна већа енергија да се нуклеон избаци из језгра, односно језгро је стабилније.



Експерименти показују да специфична енергија везе зависи од масеног броја језгра. Са графика се види да већина језгара, и то оних чији су масени бројеви између 20 и 200, имају приближно једнаку и велику вриједност специфичне енергије везе, а да лакша ( $A < 20$ ) и тешка језгра ( $A > 200$ ) имају мању специфичну енергију везе. Дакле, тешка и лака језгра су мање стабилна од средње тешких језгара.



## - Спин језгра

Утврђено је да протон и неутрон имају спин. Њихов спински квантни број износи  $\frac{1}{2}$ , док су пројекције њиховог спина на неки издвојени правац  $\pm \frac{1}{2}$  исто као код електрона. Укупан спин језгра је векторски збир спинова његових нуклеона. Ако су спинови паралелни, онда се сабирају алгебарски; ако су спинови супротно орјентисани, они се у паровима поништавају. Због тога: Спин језгра које има паран број нуклеона је цијели број. Спин језгра које има непаран број нуклеона је полуцијели број. У зависности од тога, атомска језгра могу бити фермиони или бозони.

## - Нуклеарне силе

Нуклеарне силе су силе које дјелују између нуклеона у језгру. То је једна од четири фундаменталне интеракције у природи (гравитациона, електромагнетна, јака нуклеарна и слаба нуклеарна). Захваљујући њиховом дјеловању, језгро је стабилан систем. У физици није познат закон (формула) којим су одређене нуклеарне силе, али су експериментално утврђене основне особине ових сила:

- Нуклеарне силе су најјаче у природи;
- Оне имају кратак домет;
- Нуклеарне силе не зависе од наелектрисања честица (исте су и између неутрона и између протона);
- Имају својство засићености (нуклеон интерагује само са околним нуклеонима);
- Мало зависе од спина нуклеона.