



Нуклеарне реакције

Нуклеарна реакција је трансформација атомског језгра усљед судара са неком лакоом честицом.

Најчешће у нуклеарној реакцији учествују двије лаке и двије тешке честице. Језгро које ступа у реакцију обично мирује прије реакције, па се оно зове **мета**. Лака честица којом се бомбардује то језгро назива се **пројектил**. Да би се десила реакција пројектил мора имати велику брзину, с тога се често и мета убрзава ка пројектилу. Као пројектили се најчешће користе протони, електрони, неутрони, фотони, алфа-честице...

Нуклеарна реакција се може записати на два начина:



гдје је A мета, a пројектил, B настало језгро и b настала лака честица.

Нуклеарне реакције не морају бити једнозначне, продукти неких судара могу бити различити. Могуће шеме остваривања нуклеарне реакције називају се **канални реакције**. Која год шема неке реакције да се оствари- број нуклеона, количина наелектрисања и енергија се морају одржавати. Закон одржања енергије овдје има облик:

$$m_a c^2 + T_a + m_A c^2 + T_A = m_b c^2 + T_b + m_B c^2 + T_B$$

Енергија реакције је разлика енергија мировања честица прије реакције и после реакције:

$$Q = m_a c^2 + m_A c^2 - m_b c^2 - m_B c^2$$

а на основу закона одржања енергије добијамо и:

$$Q = T_b + T_B - T_a - T_A$$



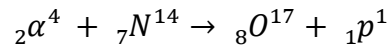
- Ако је $Q > 0$ у нуклеарној реакцији се ослобађа енергија, тј. реакција је **егзотермна**.
- Ако је $Q < 0$ нуклеарна реакција се одвија уз улагање енергије, тј. реакција је **ендотермна**.

Ова енергија је потпуно произвољна за егзотермне реакције. Код ендотермних реакција уложена енергија није произвољна, већ постоји минимална вриједност енергије (праг реакције) која може да изазове реакцију. Та енергија износи:

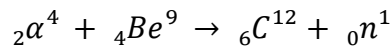
$$T_{pr} = |Q| \left(1 + \frac{m_a}{m_A} \right)$$

Постоје два типа нуклеарних реакција- директна реакција и механизам сложеног језгра. Код механизма сложеног (компаунд) језгра, при судару мете и пројектила прво се добија нестабилно језгро које се убрзо распада. Директне реакције су брзе, па се одмах формира нова лака честица и остаје трансформисано језгро.

Прве нуклеарне реакције је изводио Радефорд. Он је у једној од таквих реакција открио протоне 1919. године. Бомбардовао је азот помоћу алфа честица и примјетио је да осим кисеоника настају неке продорне честице које су излетјеле из језгра.



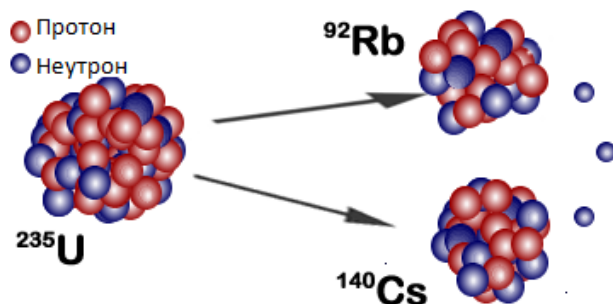
Ирена Кири и њен муж Фридрих су бомбардовали језгра берилијума такође помоћу алфа честица при чему су добијали угљеник. Међутим они нису могли у потпуности да објасне ову реакцију, већ је то учинио Чедвик. Он је установио да настаје и лака честица која не интерагује ни у електричном ни у магнетном пољу. Она је електронеутрална и назива се неутрон:



Неутрони су јако погодни да се користе као пројектили, јер због своје електронеутралности могу да приђу језгру и ако немају огромну брзину. То није могуће код наелектрисаних честица попут протона, електрона, алфа честица итд.

- Нуклеарна фисија

Нуклеарна фисија је процес распада тешког језгра (нпр. урана, плутонијума) на два средње тешка језгра. До ове реакције долази када тешко језгро захвати неутрон, а продукти ове реакције су и 2-3 неутрона као и гама честице.



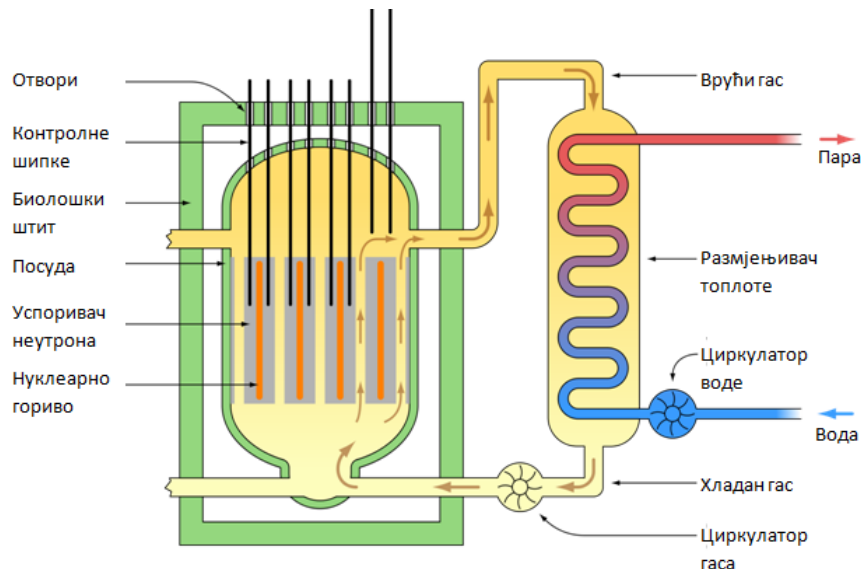
Захватом неутрона језгро се деформише и нарушава се његова стабилност. Ако то нарушавање стабилности није велико, нуклеарна фисија се не дешава већ се језгро само враћа у стабилан облик. Да би изазвао фисију, неутрон не смије имати велику брзину. Што је неутрон бржи, мања је

вјероватноћа да ће га језгро захватити.

У нуклеарном гориву се налази велики број тешких језгара па ако дође до једне реакције фисије, настаће читав ланчана реакција јер у сваком распаду настају неутрони који могу да изазову реакције на тешким језгрима. У једном распаду језгра ${}_{92}\text{U}^{235}$ ослобађа се енергија од 200MeV , што је јако мала енергија. Међутим, услед великог броја распада при оваквим ланчаним реакцијама може се ослободити огромна енергија (ако се распадне сва језгра у 1g урана, ослободила би се енергија колика се добије из 2t нафте).

Овакву ланчану реакцију свијет је први пут видио 1945. године, када је експлодирала нуклеарна бомба над Хирошимом. Године 1955., у Женеви, одржана је Прва међународна конференција за коришћене нуклеарне енергије у мирнодопске сврхе. Посљедица овога је развој технологије за израду постројења у којима се одвија контролисана ланчана реакција фисије тешких језгара. Таква постројења се називају **нуклеарни реактори**.

Као гориво у нуклеарним реакторима се користе изотопи урана, плутонијум, а негде чак и торијум. Енергија ослобођена у нуклеарним реакцијама се испољава у виду топлоте, која се одводи из нуклеарних реактора и користи се за производњу електричне енергије.

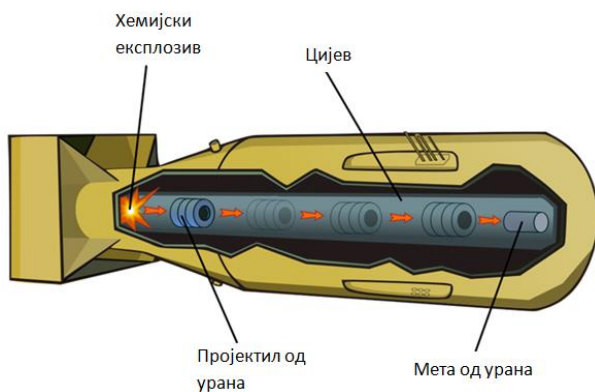


На слици је приказан фисиони реактор. У њему се налази нуклеарно гориво у облику шипки. Око тих шипки налазе се успоривачи (модератори) неутрона, јер да би се догодила фисија језгро мора да захвати неутрон, па неутрон не смије имати превелику

брзину. Поред њих се налазе и контролне шипке обично од кадмијума или бора. Њихов циљ је да апсорбују неутроне и да на тај начин контролишу ланчану реакцију. Подизањем шипки реакција се доводи до одређеног нивоа. Пошто се при овим реакцијама емитује гама зрачење, реактор је затворен помоћу биолошког штита- бетона или жељеза.

За хлађење реактора користи се обична или тешка вода. Она пролази кроз само језгро реактора и одводи топлоту ка турбини, као што је и приказано на слици.

На ланчаној фисионој нуклеарној реакцији лежи и принцип рада **нуклеарне бомбе**, која се још назива и атомска или А- бомба.



На слици је приказана шема атомске бомбе бачене на Хирошиму. Два комада урана су раздвојени прије активирања и ниједан нема довољну масу да се у њему покрене ланчана фисиона реакција. Приликом детонације, хемијски експлозив експлодира и лансира један комад урана ка другом. Њихов судар доводи до бурне ланчане фисионе

реакције што изазива нуклеарну експлозију. Прва опасност од ове експлозије је јак ударни талас, друга је топлотно зрачење, а трећа радиоактивно зрачење.



- Термонуклеарна фузија

Фузија је спајање два лака језгра при чему се добија једно стабилно језгро, ослобађа нека честица и велика количина енергије.

Да би се десила фузија, језгра морају имати огромну кинетичку енергију. Уколико је немају, услед дјеловања одбојне електричне силе, језгра се неће уопште довољно приближити. Да би ово било могуће, температура нуклеарног горива мора бити огромна. Због тога се овакве реакције називају **термонуклеарне**.

Овакве реакције се дешавају на звијездама, што им даје огромну енергију коју оне зраче у космос. На Сунцу се дешавају разне термонуклеарне реакције, међу којима се издвајају два циклуса: протонско-протонски циклус и угљенично-азотни циклус. У тим циклусима троше се протони (водоник), а добија се хелијум. Претпоставка је да Сунце садржи довољно водоника да живи још пар милијарди година.

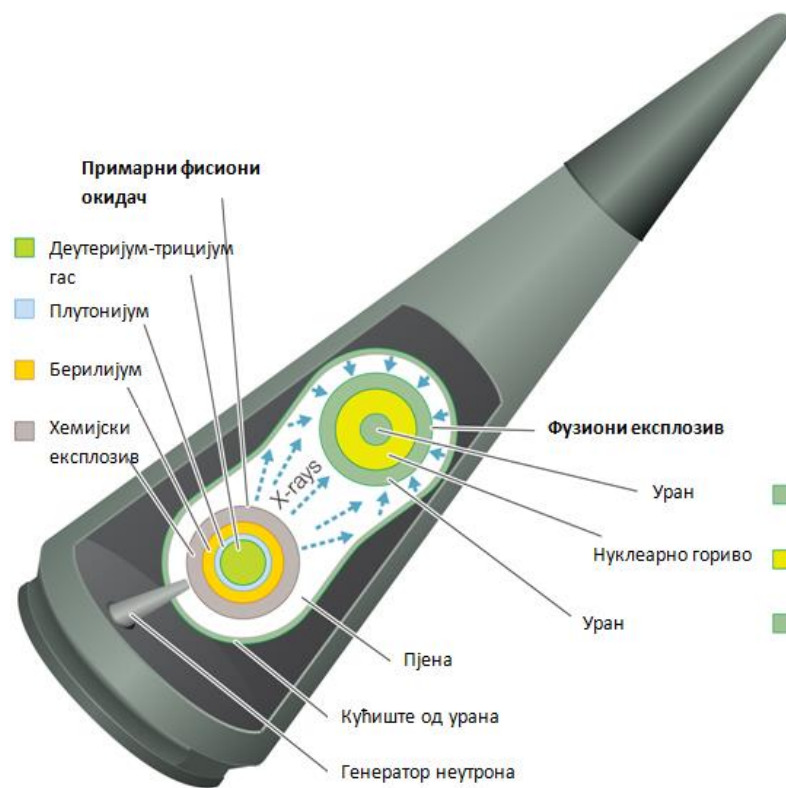
Са становишта нуклеарне енергетике, занимљиве су термонуклеарне фузионе реакције деутеријумових језгара:



Деутеријум је лако доступан, има га у огромним количинама у морској води. Један литар воде би на овај начин могао да произведе енергију као 350l бензина. Међутим, да би се направио фузиони реактор потребно је у њему постићи огромну температуру (преко 10^8K), као што је већ речено.

Постоји теоретска могућност да се таква температура постигне помоћу јаког магнетног поља, али то још увијек није учињено. Ријешавање овог проблема и прављење термонуклеарног фузионог реактора ријешило би енергетске проблеме читавог човјечанства.

Оружје још разорније од нуклеарног, које ради на принципу термонуклеарне фузије, назива се термонуклеарна (хидрогенска) бомба. Њена шема је дата на следећој слици.



Примарни фисиони окидач је упаљач за ову бомбу. То је заправо мања нуклеарна бомба чијом се експлозијом омогућују услови за одвијање термонуклеарних фузионих процеса. Експлозија термонуклеарне бомбе и поред своје разорности оставља слабије последице него експлозија нуклеарне бомбе, због мањег радиоактивног зрачења. Као нуклеарно гориво у термонуклеарним бомбама обично се користе деутеријум,

трицијум и литијум.