

1. eranskina. Lau faktoreko biderketa-faktorearen garapena

Uranio naturala eta moderatzaile ona duen kasurako biderkatzaile-faktore infinitua nola kalkulatu den aztertuko dugu. Demagun tamaina infinituko erreaktorea homogeneoa dela (erregai, moderatzaile eta hozgarria homogeneoki nahasturik daude). Biderkatzaile-infinitua erreaktorearen tamaina eta formaren independenteak diren lau faktoreen arabera da, eta horiek sistemaren berezko biderketa-faktorea deskribatzen dute [1]. Horretarako, kontuan izan behar dugu biderketa-faktoreak fisioa eragingo duten neutroi-balantzea adierazten duela, eta fisioa energia termikoak dituzten neutroiek eragingo dutela probabilitate handienarekin.

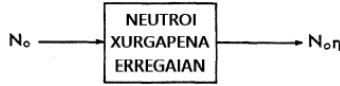
- Ugalketa-faktorea

Fisio-erreakzioa gertatzen denean askatzen diren neutroiei aldiuneko neutroiak deitzen zaie. Aldiuneko neutroiek energia altua dute, fisioaren ondorioz igorritako neutroiak energia altuetan igortzen baitira (2 MeV). Beraz, aldiuneko neutroiak neutroi lasterrak dira, energia altua duten neutroiak alegia.

Neutroi lasterrak fisioaren ondorioz igortzen dira, eta erregaian fisio termikoen ondorioz igorritako neutroi lasterren batazbestekoa ν da. Erregaiak xurgatutako neutroi termiko kopuru batek soilik eragingo du fisioa; izan ere, aipatu dugun bezala, neutroi termikoek dute fisioa eragiteko probabilitate handiena, baina neutroi xurgapenak ere gerta daitezke (ikus. ?? irudia). Ugalketa-faktorea, η , erregaiak xurgatutako neutroi termiko kopuruko igorriko den neutroi laster kopuruaren batazbestekoa da. Beraz, erregaiaren isotopoen Σ_f fisio sekzio-eragile makroskopikoa eta Σ_a neutroi xurgapen sekzio-eragile makroskopikoa badira, honakoa da erregaiak xurgatutako neutroi termiko kopuruko igorriko den neutroi laster kopuruaren batazbestekoa, η [1]:

$$\eta = \nu \frac{\Sigma_f}{\Sigma_a} \tag{0.0.1}$$

Erregaiak xurgatutako neutroi termikoen ondorioz askatutako neutroi laster kopurua ugalketa-faktorearen bidez jakin dezakegu. Demagun hasieran N_0 neutroi termiko xurgatzen dituela erregaiak. Fisio termikoen ondorioz, $N_0\eta$ neutroi laster igorriko dira erregaira, honako eskema honetan ikus daitezkeen bezala:

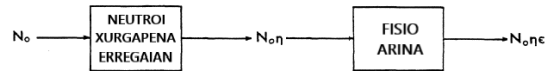


1. **irudia.** Erregaiak xurgatutako neutroi termikoen ondorioz askatutako neutroi laster kopurua adierazten duen eskema.

- Fisio arinaren faktorea

Fisio arina neutroi lasterrek eragiten duten fisioari deitzen zaio. Neutroien energia 1 MeV-ko energia baino handiagoa denean, ^{238}U isotopoak fisio-erreakzioa jasateko probabilitatea handitzen da. Fisio arinaren faktorea, ϵ , neutroi lasterren bidezko fisioa gerta ez dadin 1 MeV atari-energia baino energia gutxiago duten neutroien eta hasierako neutroi laster kopuruaren arteko zatidura da [1]. Hau da, fisio arinaren faktoreak zenbat neutroi lasterrek saihestu duten fisio arina eta erresonantzia-tarteko energietara balaztatzea lortu duten adierazten digu.

Beraz, hasieran N_0 neutroi termiko xurgatuko ditu erregaiak, eta $N_0 \eta$ neutroi laster igorriko dira erregaira. Neutroi laster horien kopuru batek fisio arinak eragingo ditu, baina, $N_0 \eta \epsilon$ neutroi laster egongo dira erregaietan ez dutenak fisio arinik eragin, eta beraien energia moderatzailearen bidez erresonantzia-tarteko energietara gutxitu dena. Honako eskema honetan, errazago ikus daiteke azaldutakoa:



2. **irudia.** Erresonantzia-tarteko energiak eskuratuko dituzten bukaerako neutroi kopurua izateko gertatu den prozesua adierazten duen eskema.

- Erresonantzia ekiditeko probabilitatea

Aipatu bezala, erregaietan $N_0 \eta \epsilon$ neutroi laster egongo dira moderatzailearen bidez energia gutxituko dutenak erresonantzia-tarteko energia eskuratu arte. ^{238}U isotopoak neutroia xurgatzeko (erresonantzia gertatzeko) probabilitate handia dauka erresonantzia-tartean. Erresonantzia ekiditeko probabilitatea, p , erresonantzia-tarteko energia-tartean ($1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-2}$ MeV gutxi gorabehera), erresonantzia saihesten duten neutroien eta energia-tarte horretan dauden neutroien arteko zatidura da [1].

Horrenbestez, hasieran, N_0 neutroi termiko izango ditugu. Erregaiak neutroi termiko horiek xurgatuko ditu eta $N_0 \eta$ neutroi laster igorriko dira. Neutroi laster horietako batzuek fisio arinak eragingo dituzte, baina, $N_0 \eta \epsilon$ neutroi laster izango ditugu ez dutenak fisio arinik eragingo eta erresonantzia-tarteko energiak eskuratuko dituztenak. Neutroi horiek erresonantzia jasateko probabilitate handia izango dute tarte horietan. Ondorioz, erresonantzia-tartea igarota, $N_0 \eta \epsilon p$ neutroi izango ditugu erresonantzia saihestu eta neutroien energia termikoak eskuratu dituztenak. Honako eskema honetan ageri da adierazitakoa:

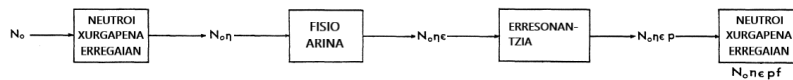


3. **irudia.** Energia termikoetan dauden bukaerako neutroi kopurua izateko gertatu den prozesua adierazten duen eskema.

- Erabilera termikoaren faktorea

Lortu dugu zein izango den fisio termikoaren ondorioz energia termikoa izango duten neutroi kopurua, $N_0 \eta \epsilon p$. Baina, kontuan izan behar dugu, erregaiaren isotopoez gain, erreaktoreko beste materialek ere neutroi termikoak xurgatuko dituztela. Erabilera termikoaren faktorea erregaiaren dauden isotopoei xurgatutako neutroi termikoen eta erreaktoreko material guztiek xurgatutako neutroi termikoen arteko erlazioa da, f . Erregaiak duen neutroi termikoak xurgatzeko eraginkortasuna deskribatzen du.

Beraz, ziklo bukaeran erregaiak xurgatutako neutroi termiko kopuru berria $N = N_0 \eta \epsilon p f$ izango da, eta horiek izango dira probabilitate handienarekin fisio berriak eragingo dituzten neutroiak [1]. Honako eskema honetan, laburki ikus dezakegu ziklo guztia [1]:



4. **irudia.** Ziklo guztia adierazten duen eskema (Iturria [1]).

Horrenbestez, lau faktore horiek kontuan izanda, biderketa-faktore infinitua honakoa izango da [1]:

$$K_\infty = \eta p f \epsilon \tag{0.0.2}$$

0.0.2 lau faktoreko biderketa-faktore bezala ezagutzen da.

Bibliografia

- [1] I. R. Cameron. *Nuclear Fission Reactors*. Plenum Press, New York and London, 1982.