



ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**REAKTÖR FİZİĞİ KAVRAMININ
İNCELENMESİ**

İLERİ NÖTRON VE REAKTÖR FİZİĞİ
PROF. DR. HALUK YÜCEL

REAKTÖR VE REAKTÖR FİZİĞİ KAVRAMLARI:

Reaktörler:

Reaktör, içinde parçalanabilir (Fissile; U-235, Pu-239 gibi) malzeme ile diğer üretken yakıt (fertile; U-238, Th-232), moderator, soğutucu, yapı ve kontrol malzemelerinin belirli cins ve yoğunlukta ihtiva edildiği geometrik bir konfigürasyonda, nötron zincirleme reaksiyonunun kontrollü devam ettiği bir sistemdir. Reaktörün bu kısa tarifinin genişletilmesi mümkündür. Reaktörde, temelde fisyon reaksiyonlarının meydana geleceği bir nükleer yakıtı ve yakıttan doğacak yüksek enerjili nötronların, yeni fisyonlara sebep olacak şekilde yavaşlatılmalarını sağlayacak yavaşlatıcıya (moderator) sahip olmaları gerekir. Bu noktada, "Termal Reaktörler" göz önüne alınmış olur. Fisyon reaksiyonlarının sadece hızlı nötronlar ile gerçekleştiği ve nötron yavaşlatılmasına gerek olmadığı durumda "Hızlı Reaktörler" den söz edilmiş olur. Genel olarak; reaktörler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.

a) Fisyon Reaksiyonlarını Doğuran Nötronların Enerjilerine Göre,

1. Termal Reaktörler ($0 < E_n < 1 \text{ eV}$) Nötronlar Maxwell-Boltzman Dağılımına uyarlar, en muhtemel enerjileri $E_n = 0.025 \text{ eV}$ veya hızları 2200 m/sn dir.
2. Hızlı Reaktörler ($\sim 100 \text{ keV} < E_n < 15 \text{ MeV}$)
3. Epitermik Reaktörler ($1 \text{ eV} < E_n < 100 \text{ keV}$)
4. Eşlenik (couple) Reaktörler (Termal ve Hızlı nötronların farklı iki ortamda fisyon reaksiyonlarını doğurduğu durum)

b) Nükleer Yakıtın Hazırlanış Şekline Göre,

1. Homojen Reaktörler

Nükleer yakıt ve yavaşlatıcı malzemelerin belli oranlarda iyice kimyasal çözelti şekline getirildiği durum. Pratikte kullanılmaz.

2. Heterojen Reaktörler:

Nükleer yakıt elemanlarının, yavaşlatıcı içerisinde silindirik çubuk, plaka veya küreler şeklinde belirli bir geometrik düzende (Kare, Hegzagonal, Üçgen v.s.) yerleştirildiği ve pratikte gerçekleştirilen reaktörlerdir.

c) Reaktörlerin Uygulama Amaçlarına Göre;

1. İstenilen seviyede nötron akısı üretecek araştırma reaktörleri,
2. Reaktör teorisini test etmek için araştırma reaktörleri,
3. Bir cins malzemeyi başka malzemeye dönüştürmek için Konvertörler,

Örnek; $U-238 \rightarrow Pu-239$, $Th-232 \rightarrow U-233$

($Pu-242 \rightarrow$ Trans plütonyum elementler Amerikyum, Berkelyum, Kaliforniyum vs.) .

c) Reaktörlerin Uygulama Amaçlarına Göre;

4. Sürekli yüksek itme gücü elde etmek için; Nükleer güç ile çalışan gemiler/denizaltılar yaygın bir örnektir. Yüksek zenginleştirilmiş yakıt, H₂O soğutmalı ve moderatörlü, zirkonyum alaşım zarf malzemeli, çok yüksek basınçta buhar üretimli-açık nozzle kor dizaynına sahip PWR tipi reaktörler bu amaç için kullanılmaktadır.

c) Reaktörlerin Uygulama Amaçlarına Göre;

5. Elektrik veya ısı üretmek için;

- Basınçlı Su Reaktörleri (PWR-Pressurized Water Reactors),
- Kaynar Sulu reaktörler (BWR-Boiling Water Reactors),
- Ağır Sulu Reaktörler (CANDU-PHWR),
- Gaz Soğutmalı Reaktörler (MAGNOX, AGR, HTGR),
- Sıvı Metal Soğutmalı Üretken Reaktörler (LMFBR).

Nötron Etkileşmeleri:

Bilindiği üzere nötronlar yüksüz parçacıklardır, elektron veya protonların elektrik alanlarından hiç etkilenmezler. Bu yüzden, bir nötronun hedef bir çekirdek ile etkileşme ihtimali aynı kinetik enerjideki yüklü bir parçacığın etkileşme ihtimalinden daha büyüktür.

Nötronların nükleer reaktörlerde kullanılan malzemeler ile esas da iki tür etkileşmesi vardır. Bunlar;

1. Absorpsiyon ve,
2. Saçılma olayıdır.

1. Soğurma (Absorption) Prosesleri:

- i. Filyon Soğurmaları; Termal nötronların fissil izotoplar (U-233, U-235 ve Pu-239) içinde yutularak filyon reaksiyonlarının vuku bulduğu nötron etkileşmeleri
- ii. Nötron Yakalama (Capture) ; Çeşitli çekirdeklerin nötron yakalaması sonucu radyoizotopların oluşması veya yüklü parçacıkların (proton, döteron, α -parçacığı) emisyonunun meydana geldiği etkileşme türü,
- iii. Nötronların Yutulması; Kontrol malzemeleri (Boron, Kadmiyum Hafniyum gibi) içinde nötronların yutulması, ancak filyon olayı söz konusu değil.

2. Saçılma (Scattering) Prosesleri:

Elastik Saçılma; Klasik enerji-momentum korunum kanunlarının geçerli olduğu ve nötron enerjisinin bir kısmının hedef çekirdek tarafından paylaşıldığı bir etkileşme türüdür.

- i. İn elastik Saçılma; Hedef bir çekirdeğe çarpan nötronun, çekirdeği eksitasyona uğratarak ve kendisinin de tamamen farklı bir enerjide re-emisyonuyla sonuçlandığı bir etkileşme şeklidir. Klasik enerji-momentum korunum kanunları in elastik çarpışmalarda uygulanamaz, geçerli değildir.

Fisyon Olayının Sonuçları;

Fisyon: Nükleer fizikten bilindiği üzere ağır elementlerin nötron yutarak parçalanması ile radyoaktif parçacıkların (fission fragments), iki veya üç nötronun ve ortalama 200 MeV fisyon enerjisinin açığa çıktığı bir olaydır. Bazı ağır elementlerin kendiliğinden fisyonu (spontaneous) hariç, nükleer fisyonun nasıl vuku bulduğunun ayrıntılarına burada girilmeksizin; Weizsäcker yarı ampirik kütle formülündeki; yüzey gerilimi, itici coulomb kuvvetleri, nükleonların çekim enerjisi ve spin effect (parité) terimleri göz önüne alınarak fisyon olayının kalitatif bir izahı yapılabilmektedir.

Fisyon Olayının Sonuçları;

Ancak, U-233, U-235 ve Pu-239 izotoplarının (fissionable isotopes) kolayca fisyonu uğramalarını açıklayan iki temel parametre vardır. Bunlar;

1. $Z^2/A > 35$ ve
2. Kritik enerji < Eksitasyon enerjisi şartlarına sahip olmalarıdır.

Tablo 3 'den görüldüğü üzere U-238 ve Th-232 izotoplarının (fertile) fisyon yapabilmeleri için yüksek enerjili nötronlar gerekmektedir.

Tablo-3 Ağır Elementlerin Fisyonu İçin Kritik Enerjileri

Reaksiyon	Kritik Enerji (MeV)	Eksitasyon Enerjisi (MeV)	Z ² /A
$^{233}_{92}\text{U} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{234}_{92}\text{U}$	4.6	6.6	36.4
$^{235}_{92}\text{U} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{236}_{92}\text{U}$	5.3	6.4	36.0
$^{239}_{94}\text{Pu} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{240}_{94}\text{Pu}$	4.0	6.4	37.0
$^{238}_{92}\text{U} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{239}_{92}\text{U}$	5.5	4.9	35.4
$^{232}_{90}\text{Th} + \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow ^{233}_{90}\text{Th}$	6.5	5.1	34.4

Fisyon sonucunda, parçacık emisyonu ve enerji salıvermesi vuku bulur;

REFERANSLAR

1. Henry, Allan F., Nuclear Reactor Analysis, MIT, 1975, USA.
2. Ram, K.S., B.Nuclear Engineering, Indian Institute of Technology, 1977, Kanpur, Indian.
3. Lamarsh, J.R., Introduction to Nuclear Reactor Theory, New York University, 1972, USA.
4. Leonard E.Link, Reactor Technology-Selected Reviews, 1965, USAEC, USA.
5. Gerasimow V.and A.Monakhov, Nuclear Engineering Materials, Mir Publishers, 1983, Moscow, USSR.
6. Olander, R.D., Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Fuel Elements, California University, 1976, Berkeley, USA.
7. Profio, A.E., Experimental Reactor Physics, California University, 1976, John Wiley and Sons, Inc., USA.
8. Duderstadt, J.J and Hamilton, L.J., Nuclear Reactor Analysis, The Univ. of Michigan, John Wiley & Sons, Inc., 1976, USA.