

NÖTRON FİZİĞİ

Doç. Dr. Turan OLĞAR

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Fizik Mühendisliği Bölümü

Nötron Fiziği

Nükleon ailesinin yüksüz üyesi olan nötron, çok düşük enerjilerde bile Coulomb engelinden etkilenmeden çekirdeğe girerek, çekirdek reaksiyonlarını başlatabilir. Nötronlar, dedektörlerde birincil iyonlaşma olayları yapmazlar.

Nötron 1932'de Chadwick tarafından keşfedilmiştir. Serbest nötron, 10,6 dakika yarı ömürlü beta ışını yayınlamaya bozunan, kararsız bir parçacıktır.

Serbest nötronun manyetik dipol momenti;

$$\mu = -1,91304184 \pm 0,00000088 \mu_N$$

Nötron-proton kütle farkı $m_n - m_p = 1.29340 \pm 0,00003 \text{ MeV}$

Nötron Fiziği

- **Nötron Kaynakları**

Nötron demetleri çeşitli türde nükleer reaksiyonlar yardımı ile elde edilebilir. Nötronlar enerjilerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Termal	$E \simeq 0,025 \text{ eV}$
Epitermal	$E \sim 1 \text{ eV}$
Yavaş	$E \sim 1 \text{ keV}$
Hızlı	$E = 100 \text{ keV} - 10 \text{ MeV}$

Nötron Fiziği

• α - Berilyum Kaynakları

Nötronun keşfine sebep olan reaksiyon ${}^4\text{He} + {}^9\text{Be} \rightarrow {}^{12}\text{C} + n$

Bu reaksiyonun Q değeri 5,7 MeV'dir. Bu reaksiyonda açığa çıkan nötronlar tek enerjili değildir. Bunun sebebi;

- Birçok farklı alfa gruplarının varlığı
- Katı madde içerisindeki çarpışmalar sonucu alfaların yavaşlaması
- Alfalara göre nötronların yayınlanma doğrultularının çok çeşitli oluşu
- Bir kısım ${}^{12}\text{C}$ izotopunun uyarılmış enerji seviyelerinde olması

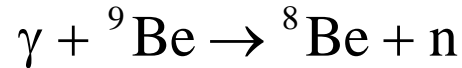
Nötron üretim hızı ${}^{226}\text{Ra}$ 'nın Ci cinsinden aktifliği başına saniyede 10^7 nötrondur. ${}^{226}\text{Ra}$ ve radyoaktif ürünleri yüksek şiddette γ ışınları yayınlamaları nedeniyle, dolayısıyla radyum-berilyum kaynakları yerine, ${}^{210}\text{Po}$ (138gün), ${}^{238}\text{Pu}$ (86y) ve ${}^{241}\text{Am}$ (458y) kaynakları kullanılmaktadır. Bu kaynakların Ci cinsinden α aktifliği başına saniyede $2-3 \times 10^6$ nötron üretmektedir.

Nötron Fiziği

- **Fotonötron Kaynakları**

(γ, n) reaksiyonunu, (α, n) kaynaklarına benzer bir yöntemle nötron elde etmek için kullanabiliriz.

Fotonötron kaynaklarının avantajı, γ fotonu kaynağı tekenerjili ise elde edilecek nötronun da tek enerjili olmasıdır. ^{24}Na izotopu tarafından yayınlanan 2,76 MeV'lik γ ışınları,



reaksiyonuna neden olur. Reaksiyonun verimi yeterli ve ^{24}Na 'ün her Ci'si başına 2×10^6 nötron/s yayınlanır. Fakat ^{24}Na 'ün yarılanma ömrü kısadır (^{24}Na yarı ömür ~ 15 saattir)

Nötron Fiziği

- **Kendiliğinden Fisyon**

Kaliforniyum elementi (^{252}Cf yarı ömür 2,65 yıl) gibi kendiliğinden fisyonu uğrayan izotoplar nötron kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Her parçalanma başına yaklaşık 4 nötron elde edilir.

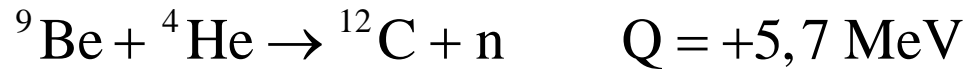
Nötron üretim hızı 1 gram ^{252}Cf başına $2,3 \times 10^{12}$ nötron/s veya ^{252}Cf 'nin Ci cinsinden aktifliği başına $4,3 \times 10^9$ nötron/s kadardır.

Nötron enerjileri 1-3 MeV aralığında sürekli bir dağılıma sahiptir.

Nötron Fiziği

- **Nükleer Reaksiyonlar**

Reaksiyonu başlatabilmek için gerekli yüklü parçacık demeti hızlandırıcılardan elde edilir. Yüklü parçacık enerjisinin ve gözlenen nötron yayınlanma açısının dikkatli seçimi ile, istenilen enerjide mümkün olduğunda tek enerjili nötron demeti elde edilir.



Nötron Fiziği

- **Reaktörler**

Bir nükleer reaktörün koruna yakın bölgelerdeki nötron akısı 10^{14} nötron/cm² s olabilir. Bu nötronların enerjileri 1-2 MeV civarında pik yapacak şekilde 5-7 MeV'e kadar uzanır.

Reaktör korundan gelen yüksek düzeydeki nötron akıları, özellikle nötron yakalama yoluyla radyoizotop üretiminde ve nötron aktivasyon analizinde çok yararlı olurlar.

Nötron Fiziği

- **Nötronların Soğurulması ve Yavaşlatılması**

Bir nötron demeti katı madde içinden geçerken nükleer reaksiyonlar sonucu nötron akım şiddetinde azalma olur.

Hızlı nötronlar için (n,p) , (n,α) veya $(n,2n)$ gibi reaksiyonlar mümkünken, yavaş veya termal nötronların ortadan kaybolmalarının başlıca sebebi (n,γ) yakalama reaksiyonudur. Rezonanslar dışında, hız arttıkça soğurulma tesir kesiti v^{-1} ile orantılı olarak azalır. Elastik ve inelastik saçılma olayları nedeniyle nötronlar yavaşladıkça, soğurulma ihtimalleri artar.

Nötron Fiziği

- **Nötronların Soğurulması ve Yavaşlatılması**

Nötronlar madde içinde dx kalınlığında bir mesafe katettikleri zaman demetin veya maddenin birim yüzeyi başına ndx atomla çarpışırlar. Burada n maddenin birim hacmindeki atom sayısıdır. σ_t , nötronları demetten saptırmaya çalışan saçılma reaksiyonları da dahil olmak üzere toplam tesir kesiti ise, I şiddetindeki azalma,

$$dI = -I\sigma_t ndx$$

Şiddet soğurucunun kalınlığı ile üstel olarak azalır.

$$I = I_0 e^{-\sigma_t nx}$$

Bu ifade tek enerjili tek enerjili nötronlar için geçerlidir.

Nötron Fiziği

- **Nötronların Soğurulması ve Yavaşlatılması**

Başlangıç enerjisi E ve hızı v olan bir nötron ile başlangıçta durgun halde olan A kütleli bir hedef atomu arasındaki bir elastik çarpışma durumunda, nötronun E' son enerjisi ile ilk enerjisi arasındaki oran

$$\frac{E'}{E} = \frac{A^2 + 1 + 2A \cos \theta}{(A + 1)^2}$$

Burada θ kütle-merkezi sistemindeki saçılma açısıdır.

$$\frac{E'}{E} = 1 \quad \theta = 0^\circ \text{ için, yani saçılma yok}$$

Nötron Fiziği

- **Nötronların Soğurulması ve Yavaşlatılması**

Maksimum enerji kaybı kafa-kafaya merkezi çarpışmada gerçekleşir.

$$\left(\frac{E'}{E}\right)_{\min} = \left(\frac{A-1}{A+1}\right)^2 \quad \theta = 180^\circ \text{ için}$$

Hidrojenden saçılmaya karşılık gelen $A=1$ için, nötron tüm enerjisini çarptığı protona aktarır.

Nötron Fiziği

- **Nötronların Soğurulması ve Yavaşlatılması**

Her nötron birçok defa saçılacağı için, enerji kaybı art arda hesap edilmelidir. Nötronun bir çarpışmada kaybedeceği ortalama logaritmik enerji kaybı;

$$\bar{\xi} = 1 + \frac{(A-1)^2}{2A} \ln \frac{(A-1)}{(A+1)}$$

n çarpışmadan sonra nötronun enerjisi

$$\ln E'_n = \ln E - n\bar{\xi}$$