

# **NÜKLEER REAKSİYONLAR**

## **II**

**Doç. Dr. Turan OLĞAR**

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Fizik Mühendisliği Bölümü

# Direkt Reaksiyonlar

Direkt reaksiyonlarda gelen parçacık çekirdeğin yüzeyi ile etkileştiğinden peripheral reaksiyonlar olarak da adlandırılır.

Gelen parçacığın enerjisi arttıkça parçacığın dalgaboyu, çekirdek boyutları mertebesinden, nükleon büyüklüğündeki mertebeler düşer. 1 MeV enerjili nükleon 4 fm büyüklüğünde de Broglie dalgaboyuna sahiptir ve nükleon boyutundan büyüktür. Dolayısıyla bu enerjilerde bileşik çekirdek reaksiyonu mümkündür. 20 MeV'lik nükleonun de Broglie dalgaboyu 1 fm civarındadır. Bu enerjilerde ise direk reaksiyonlar mümkündür.

Direkt reaksiyonlar 10-20 MeV gelen parçacık enerjilerinde olasıdır.

(Bknz: Fundamentals of Nuclear Physics, Atam P. Arya)

# Direkt Reaksiyonlar

Direkt reaksiyonların bileşik çekirdeklerden farkları;

- a) Direkt reaksiyonlarda ortalama serbest yol büyük, yaşam zamanı ise kısadır.
- b) Salınan yüksek enerjili bağıl parçacık sayısı, bileşik çekirdek modelinin tahmin ettiğinden çok daha yüksektir.
- c) Diferansiyel tesir kesiti, reaksiyon ürünlerinin salınım yönüne büyük ölçüde bağlıdır.

Bileşik çekirdekler  $10^{-16}$ - $10^{-18}$  s arasında değişen sürede oluşurken, direkt reaksiyonlar  $10^{-22}$ s bir süre mertebesinde çok hızlı oluşur.

# Direkt Reaksiyonlar

Direkt etkileşme süreci ile açıklanabilen dört tür nükleer reaksiyon,

- a) İnelastik Saçılma: Gelen parçacık kinetik enerjisinin bir kısmını kaybederek çekirdeği uyarılmış seviyede bırakır. ( $\alpha$  ,  $\alpha'$ ) ve (p , p') bu reaksiyonlara örnektir.
- b) (n,p), (p,n) şeklindeki vurup-çıkartma (knock-out) reaksiyonları
- c) Sıyırma (stripping) reaksiyonları. Bu reaksiyonlarda gelen nükleon grubundan bir nükleon kaybolur. Bu reaksiyonlara örnek olarak (d,p), (d,n), ( $\alpha$ ,p) gösterilebilir
- d) Toplama (pick-up) reaksiyonları. Bu reaksiyonlar sıyırma reaksiyonlarının tersidir. (p,d) ve (p,  $\alpha$ ) bu reaksiyonlara örnek gösterilebilir.

(Bknz: Şekil 11.18 Fundamentals of Nuclear Physics, Atam P. Arya)

# Rezonans Reaksiyonları

Nükleer reaksiyonların bileşik çekirdek modeli, bağılı olmayan nükleer durumları, sürekli durummuş gibi inceler. Aslında kesikli durumlar mevcut fakat birbirine o kadar yakınlar ki sürekli bir spektrum gibi gözükür. Kesikli olarak kabul edilen bu durumlar, bozunmaya karşı kararsızdır ve belirli bir genişliğe sahiptir.

Direkt reaksiyonlar ile incelenen bağılı durumlar ölçeğin ters tarafındadır. Bu bağılı durumlar kararlıdır ve ortalama ömürleri daha uzundur.

Bu iki uç durum arasındaki rezonans bölgesidir. Bileşik çekirdek bölgesindeki kesikli düzeylerdir. Bu düzeylerin meydana gelme olasılığı yüksektir (tesir kesiti büyük) ve düzeylerin genişlikleri çok küçüktür.

# Optik Model

Soğurma etkilerinin olması durumunda elastik saçılmayı genel olarak ele alır. Optik model denmesinin sebebi, hesaplamaların bir yarı saydam cam küreye düşen ışığınkine benzer yapılmasıdır.

Bu model sadece saçılma gibi reaksiyonlardaki ortalama davranışı açıklamda yararlıdır. Optik model kullanılarak yapılan hesaplamalarda, parçacıkların nereye gittiği önemli değildir.

Bununla birlikte, optik model çekirdek etkileşmelerinin anlaşılmasını sağlayan elastik ve inelastik saçılmanın açıklanmasında çok başarılıdır.

# Örnekler

**Problem 1:**  $\text{Cu}^{63}$ 'ün 6 MeV'lik deutronlarla bombardımanından elde edilen bileşik çekirdeğin uyarılma enerjisini bulunuz.

**Çözüm 1:**  ${}_{29}\text{Cu}^{63} + {}_1\text{H}^2 \rightarrow ({}_{30}\text{Zn}^{65})$

Bağlanma enerjisi,

$$E_B = [62,929225 + 2,014102 - 64,929205]uc^2 = 0,014122uc^2 = 13,15\text{MeV}$$

Gelen parçacık enerjisinin uyarılmaya giden kesri,

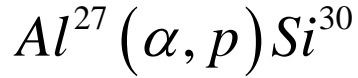
$$E_{x'} = E_x \left( \frac{M_x}{M_x + m_x} \right) = 6\text{MeV} \left( \frac{63}{63 + 2} \right) = 5,81\text{MeV}$$

Bileşik çekirdeğin uyarılma enerjisi,

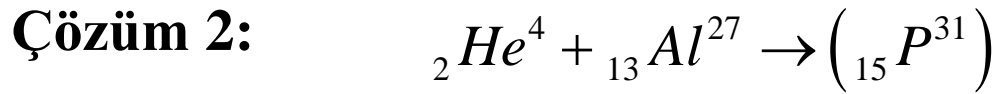
$$E_c = E_{x'} + E_B = 5,81\text{MeV} + 13,15\text{MeV} = 18,96\text{MeV}$$

# Örnekler

## Problem 2:



reaksiyonunda gözlenen bir seviyenin rezonans enerjisi 3,92 MeV'dir. Alfa taneciğinin  $(P^{31})^*$  bileşik çekirdeğin bağlanma enerjisini ve bileşik çekirdeğin uyarılma enerjisini bulunuz.



Bağlanma enerjisi,

$$E_B = [4,002600 + 26,981503 - 30,973772]uc^2 = 0,010331uc^2 = 9,62MeV$$

Gelen parçacık enerjisinin uyarılmaya giden kesri,

$$E_{x'} = E_x \left( \frac{M_x}{M_x + m_x} \right) = 3,92MeV \left( \frac{27}{27 + 4} \right) = 3,41MeV$$

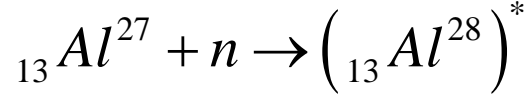
Bileşik çekirdeğin uyarılma enerjisi,

$$E_c = E_{x'} + E_B = 3,41MeV + 9,62MeV = 13,03MeV$$



# Örnekler

**Problem 3:**  ${}_{13}\text{Al}^{27}$  yavaş nötronlarla bombardıman ediliyor.



reaksiyonuna göre nötronun bağlanma enerjisini ve  $({}_{13}\text{Al}^{28})^*$  çekirdeğinin uyarılma enerjisini bulunuz.  $uc^2 = 931,5 \text{ MeV}$

**Çözüm 3:**

$$m({}_{13}\text{Al}^{27})=26,981539u \quad m({}_{13}\text{Al}^{28})=27,981910u \quad m_n=1,008665u$$

Nötronun bağlanma enerjisi,

$$Q_0 = [1,008665 + 26,981539 - 27,981910]uc^2 = 7,73\text{MeV}$$

Uyarılmış çekirdek  $({}_{13}\text{Al}^{28})^*$  reaksiyonuna göre ikincil parçacık olmadığından ( $K_y=0$ )

$$Q_{uy} = K_y \left( 1 + \frac{m_y}{M_Y} \right) - K_x \left( 1 - \frac{m_x}{M_Y} \right) - \frac{2}{M_Y} (m_x m_y K_x K_y)^{1/2} \cos \theta$$

# Örnekler

**Problem 3:**  $K_y=0$  olduğundan

$$Q_{uy} = -K_x \left( 1 - \frac{m_x}{M_Y} \right)$$

${}_{13}\text{Al}^{27}$  çekirdeği yavaş nötronlarla bombardıman edildiğinden enerjisi ihmal edilebilir.  $K_x \approx 0$  alınabilir.

$$E_{uy} = Q_0 - Q_{uy} \cong Q_0 \cong 7,73\text{MeV}$$