

## DENGE ÖNCESİ (PRECOMPOUND) EXCİTON MODELİ İLE TOPLAM (n, p) TESİR KESİTLERİNİN İNCELENMESİ

Celal BAYRAK (\*)

**ÖZET:** Bu çalışmada, (n, p) reaksiyon tesir-kesitleri Fermi-gaz yaklaşımı kullanılarak denge-öncesi (precompound) exciton modeliyle hesaplanmıştır. Bu model,  $E_n = 1-20$  MeV enerji aralığında  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{181}\text{Ta}$  ve  $^{197}\text{Au}$  çekirdeklerinde incelendi. Sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırıldı ve  $A \geq 100$  çekirdeklerinde daha iyi uyum sağladığı görüldü.

**ZUSAMMENFASSUNG:** In dieser Arbeit wurde (n,p) Wirkungsquerschnitt durch die Fermi-Gas-Methode mit dem Precompound-exciton Model berechnet. Die Berechnung dieses Modells wurde bei den Elementen  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{181}\text{Ta}$  und  $^{197}\text{Au}$  bei  $E_n = 1-20$  MeV durchgeführt. Ergebnisse dieser Berechnungen wurden mit experimentell ermittelten Werten verglichen. Hier wurde nur Übereinstimmung von drei Kerne erzielt wobei  $A \geq 100$  betrug.

**GİRİŞ:** İlk kez 1966'da Griffin<sup>(1)</sup> tarafından ileri sürülen ve daha sonra başlıca Williams<sup>(2)</sup>, Blann<sup>(3,4)</sup> Harp ve Miller<sup>(5)</sup> tarafından geliştirilen pre-equilibrium bozunma teorisi, enerjisi 10-20 MeV civarında olan nötronlar tarafından oluşturulan (n,p) reaksiyonlarının açıklanmasında başarılıdır<sup>(6)</sup>. Kütle numarası  $A \geq 100$  olan çekirdekler ile oluşturulan (n,p) reaksiyonları üzerinde yapılan çalışmalarda, proton yayınlanmasının yalnızca Evaporation teorisi ile açıklanamayacağı anlaşılmıştır<sup>(7)</sup>.

Bu çalışmada, Exciton modeli kullanılarak enerjisi 10-20 MeV arasında değişen nötronlarla oluşturulan (n,p) reaksiyonları için pre-equilibrium tesir-kesitleri hesaplanmıştır.

### TESİR KESİTİ HESAPLAMALARI:

Açı integralli proton spektrumu hesaplamalarında Williams tarafından verilen

$$\frac{d\sigma_{pc}}{d\epsilon} = \sigma_c \sum_n \frac{dW^{ph}}{d\epsilon} \frac{1}{\lambda_n^+ (E)} \quad (1)$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada  $dW^{ph}/d\epsilon$  "bileşik sistemin" n-exciton durumunda  $\epsilon$  enerjili bir parçacık yayınlama olasılığı olup,

(\*) Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Araştırma Görevlisi.

$$\frac{dW^{ph}}{d\epsilon} = \frac{m \epsilon \sigma_{inv}(\epsilon) (2S + 1)}{\pi^2 \hbar^3} \frac{\delta_{p-1, h}(U)}{\delta_{ph}(E)} \frac{2}{3} \quad (2)$$

bağıntısı ile verilir. Eşitlik (2) deki  $\delta_{p,h}(E)$  ve  $\delta_{p-1, h}(U)$  sırasıyla bileşik sistemin ve kalan çekirdeğin durum yoğunluklarıdır.  $\lambda_n^+(E)$ , bileşik sistemin n exciton durumundan n+2 exciton durumuna geçiş hızıdır. Geçiş hızı,

$$\lambda_n^+ \frac{2\pi}{\hbar} |\overline{M}|^2 \frac{g^3 E^2}{p + h - 1} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir. (2) ve (3) eşitlikleri (1) de yerine konulursa,

$$\frac{d\sigma_{pc}}{d\epsilon} = \frac{2}{3} (2s + 1) \sigma_c \frac{m \epsilon \sigma_{inv}(\epsilon)}{\pi^2 \hbar^3} \frac{h}{4\pi} \frac{1}{|\overline{M}|^2} \frac{1}{g^4 E^3} \quad (4)$$

$$\times \sum_{\substack{n=3 \\ (\Delta n=2)}}^n (U/E)^{n-2} (n+1)^2 (n-1)$$

bulunur.

Burada  $s = 1/2$  protonun spini (nötron için de aynı)  $\sigma_c$ , nötron için reaksiyon tesir kesiti,  $\epsilon$  protonun kinetik enerjisi,  $\epsilon_{inv}(E)$ : proton için ters reaksiyon tesir kesiti, E bileşik sistemin, U kalan çekirdeğin uyarılma enerjisidir. g: Fermi gaz modelinde ortalama tek-parçacık seviye yoğunluğu ( $g = A/13$ ) (8). n, bileşik sistemindeki exciton sayısı olup, parçacık ve (hollerin) deşiklerin ( $n = p+h$ ) toplamıdır. m çekirdeğin kütlesi,  $|\overline{M}|^2$  Kalbach-Cline(9) tarafından tanımlandığı gibi residual, iki-cisim etkileşmeleri için matris elemanın karesinin ortalamasıdır.  $\overline{n}$ , en olası exciton sayısı (Dengeye ulaşıldığında) .n sayısı üzerinden yapılan toplamada, exciton sayısı ikişer ikişer artırılır. ( $\Delta n = + 2$ ).

(n, p) reaksiyonları için toplam tesir kesitini veren (4) bağıntısının eşik enerjisinden  $\epsilon_{max}$ 'a kadar integre edilerek,

$$\sigma(n,p) = \frac{2}{3} \frac{(2S + 1) \sigma_c m}{4 \pi^3 \hbar^2 \alpha AE} \int \epsilon \sigma_{inv}(\epsilon) \quad (5)$$

$$\times \sum_{\substack{n=3 \\ (\Delta n=2)}}^n n (\Delta n = 2) (U/E)^{n-2} (n+1)^2 (n-1) d\epsilon$$

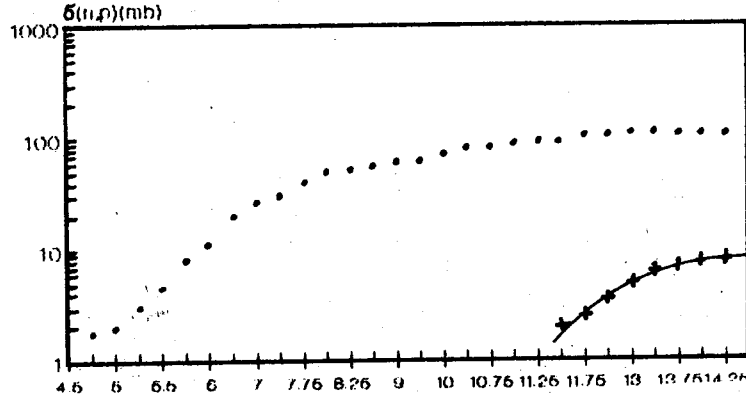
bulunur. (5) eşitliğindeki  $\alpha$ , bir sabit olarak belirlenmiştir ve

$$|M|^2 g^4 = \alpha A, \quad (6)$$

dır.

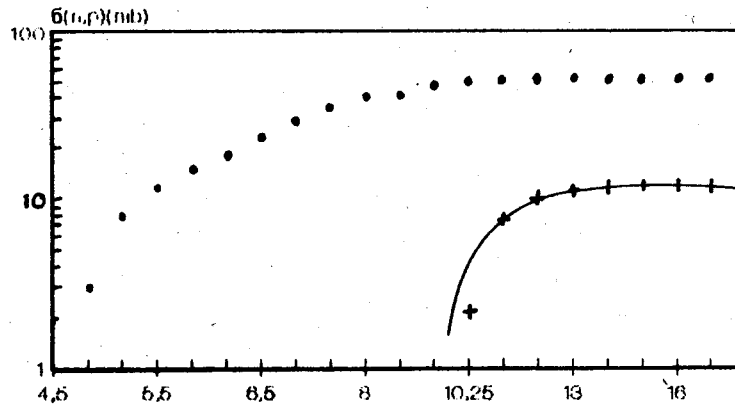
### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Şekil 1,2,3 ve 4,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{181}\text{Ta}$  ve  $^{197}\text{Au}$  için deneysel çalışmalardan elde edilmiş sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçların bir karşılaştırmasıdır.

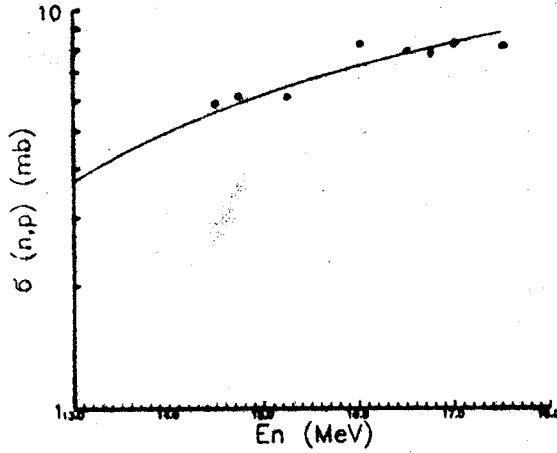


Şekil 1:  $^{56}\text{Fe}$  (n,p) için hesaplanan uyarılma fonksiyonu (10)

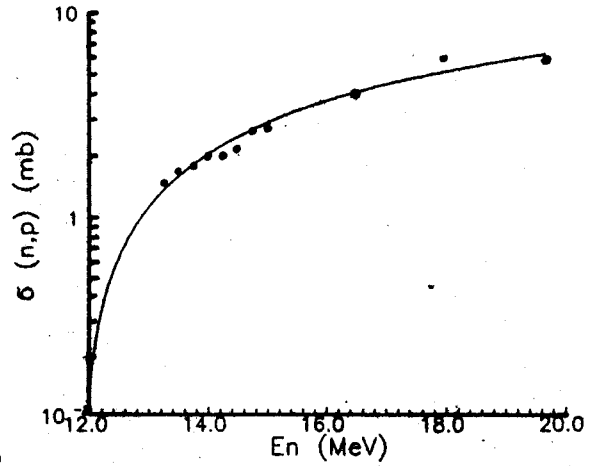
$^{56}\text{Fe}$  ve  $^{59}\text{Co}$  için (Hafif çekirdeklerde) (n, p) reaksiyonlarında, denge öncesi mekanizmasının katkısı küçüktür.



Şekil 2:  $^{59}\text{Co}$  (n,p) için hesaplanan (11) uyarılma fonksiyonu



Şekil 3:  $^{181}\text{Ta}$  (n,p) için hesaplanan uyarılma fonksiyonu. Denge öncesi exciton modelinin (PE,K=700 MeV<sup>3</sup>) eğrisi (—). Deneysel sonuçlar (o) [14].



Şekil 4:  $^{197}\text{Au}$  (n,p) için hesaplanan uyarılma fonksiyonu. Denge öncesi exciton modelinin (PE,K=700 MeV<sup>3</sup>) eğrisi (—). Deneysel sonuçlar (o) [15].

Diğer hafif çekirdek olan  $^{59}\text{Co}$  (n,p) de ise (Şekil 2)  $E_n = 10.5$  MeV den başlayarak  $E_n = 17$  MeV'de son bulmaktadır. Şekillerden de görüleceği gibi teorik eğriler deneysel noktalar ile uyummamaktadır. Bu iki çekirdek için bulunan sonuçlar, Holub ve arkadaşlarının (12) sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Şekil 3 ve Şekil 4'de  $^{181}\text{Ta}$  ve  $^{197}\text{Au}$  için (ağır çekirdeklere) bulunan sonuçların daha önce diğer araştırmacılar tarafından bulunan deneysel verilerle uyum içinde olduğu görüldü. Bu çekirdekler için ( $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Co}$ ,  $^{181}\text{Ta}$  ve  $^{197}\text{Au}$ ) buharlaşma bileşeni (EV) ihmal edildi.

(n,p) uyarılma fonksiyonları için denenen çekirdeklere K serbest parametresinin değeri  $^{56}\text{Fe}$  ve  $^{59}\text{Co}$  için  $K = 110$  MeV<sup>3</sup>,  $K = 175$  MeV<sup>3</sup>,  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{197}\text{Au}$  için  $K = 700$  MeV<sup>3</sup>, olarak bulundu. Bir karşılaştırma olarak  $^{56}\text{Fe}$  için K değeri, M Aurigeaunu ve arkadaşlarının (13) çalışmasında 160-180 MeV<sup>3</sup> olarak bulunmuştu.

Tablo 1: K değişkeninin en-uygun değerleri.

	Reaksiyon	Geliş Enerjisi (MeV)	K (MeV <sup>3</sup> )
Uyarılma Fonksiyonu	$^{56}\text{Fe}$ (n,p)	4-15	110
	$^{59}\text{Co}$ (n,p)	4-15	175
	$^{181}\text{Ta}$ (n,p)	13-18	700
	$^{197}\text{Au}$ (n,p)	12-20	700

- a) Nötron ile oluşturulan nükleer reaksiyonlarda denge öncesi mekanizmasının  $A \geq 100$  çekirdeklerinde, önemli bir katkı olduğu ortaya çıktı. Bu katkı uyarılma enerjisinin artışı ile doğru orantılıdır.

b) Denge öncesi exciton modelinde kullanılan  $\lambda +$  geçiş oranının yapısal etkiler göstermediği ortaya çıktı. Bu Williams'ın çalışmasında da aynı şekildedir.

$\sigma_T(n,p)$  için  $E_f$  Fermi enerjisi civarında nötron enerjisinde toplam nötron-proton tesir kesitinin (13) değerini aldık. Bu, bir kare kuyuda Fermi-gaz modeli ile tam olarak birbirine uygundur.

c) (4) eşitliğine uygun küçük bir program yazılarak işlemler yapıldı (BAŞLAN/BEYTEPE).

d) 10-20 MeV geliş enerjileri için çekirdek içinde dalga boyları/ $2\pi$ , çekirdekler arası ayırımı ile karşılaştırılırsa önemsenmeyecek kadar küçük değildir.

### KAYNAKLAR

1. Holub, E., Çaplar, E., Cindro, N., Atoms and Nuclei., 296, 341 (1980).
2. Williams, F.C., Phys. Letters 31 B, 184 (1970).
3. Blann. M., Phys. ReV. Letters 21, 1357 (1968).
4. Blann M., Phys. ReV. Letters 27, 337 (1971).
5. Harp G.D., and Miller T.M., Phys. ReV. 3, 1847 (1971).
6. Milazzo, Colli, L and Marcazzan-Braga, G.M., Phys. Letters 368, 447 (1971).
7. Erba, E., Facchini, U. and Saetta-Menicella, E., Nuova Cimonto 22. 1237 (1961).
8. Kolbach, C., Z. Physik A 283, 401 (1977).
9. Kolbach-Cline. C., Nucl. Phys. A 210, 590 (1973).
10. Santry. D.C, Butter. J., Can. J. Phys. 42. 1030 (1964).
11. BNL Report, 325. Vol. 11, 3 rd Edition (1976).
12. Halub. E, Nöcanic. D, Çaplar. E. and Cindro. N., Atom and Nuclei, 296, 341 (1980).
13. Avrigeanu. M, Ivaşcu. M. and Avrigeanu. V., Z. Phys. Atoms and Nuclei, 329, 177 (1988).