

## <sup>197</sup>Au Çekirdeği İçin(γ,n) Tesir Kesitlerinin Reaksiyon Sınırının Altında ve Üstünde Hesaplanması

Mesut Altıntaş<sup>1</sup>, Ufuk Akçaalan<sup>1</sup>, Rıdvan Ünal<sup>1,\*</sup>, H.Ali Yalım<sup>1</sup>, Bekir Oruncak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat, Fakültesi, Fizik Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye  
\*Yazışılan yazar e-posta: runal@aku.edu.tr

Alınış: 05 Mayıs 2014, Kabul: 19 Haziran 2014

**Özet:** Bu çalışmada, <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaksiyonunun tesir kesiti E<sub>sınır</sub> = 8,071 MeV enerji sınırı civarında hesaplandı. Hesaplamalar daha önceki deneysel veri ve hesaplamalar ile karşılaştırıldı ve genel uyum içerisinde olduğu görüldü. Ayrıca <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaksiyon oluşum uygunluğu tartışıldı.

**Anahtar kelimeler:** Tesir kesiti, reaksiyon, sınır

### Calculation of the (γ,n) reaction cross section around the threshold for <sup>197</sup>Au nucleus

**Abstract:** In this work, <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaction cross section have been calculated around the reaction threshold at E<sub>thr</sub> = 8,071 MeV by using TALYS 1.6 computer code. The results are compared with previous measurements and calculations. Moreover the relevance <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaction is discussed.

**Key words:** Cross Section, reaction, threshold

#### 1. Giriş

Fotonükleer reaksiyon verileri, temel ve uygulamalı araştırmalar için önemlidir. Radyasyon koruma malzemesi tasarımları, radyasyon aktarım analizleri, aktivasyon analizleri, astrofiziksel nükleosentez, koruma ve denetim teknolojileri, radyoterapi insan vücudunda radyasyon miktarı hesaplamaları, ultra relativistik enerjilerde ağır-iyon ayrışma araştırmalarında ışın demeti izleme, radyoaktif iyon ışın demeti ya da nötron üretimi, atık dönüşümü gibi birçok araştırmadan bahsedilebilir [1]. <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au fotonükleer reaksiyon tesir kesiti gamma süreçleri ile doğrudan ilgili olmasa da (γ,n) reaksiyonları nötron kaynağı üretimi, zırlama ve nükleosentez p-süreci fotoaktivasyon ölçümleri için önemlidir. <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaksiyonu tesir kesiti E<sub>sınır</sub> = 8.071 MeV enerji sınırı civarında fotoaktivasyon metodu ile ölçülmüştür [2]. Bu ölçüm sonuçları daha önceki ölçümler ve teorik hesaplamalar ile karşılaştırmışlardır. <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaksiyon tesir kesitleri fotoaktivasyon deneyleri için temel oluşturabileceğini doğrulamakla birlikte, bunun sadece 8 MeV yukarısında geçerli olduğunu ifade etmişlerdir [2]. Bu çalışmada; <sup>197</sup>Au(γ,n)<sup>196</sup>Au reaksiyonunu TALYS 1.6 Monte Carlo simülasyon kodu [3] ile teorik olarak hesaplayarak, literatürde olan diğer deneysel ve teorik verilerle karşılaştırdık.

#### 2. Materyal ve Metot

Gamma geçiş katsayıları; nükleer reaksiyonlarda genellikle gamma ışınları ile diğer parçacıkların da birlikte yayılması olasılığından dolayı, gamma salınım kanalı ifadesinde önemlidir. Optik modelden ortaya çıkan parçacık geçiş katsayıları gibi

gamma ışını geçiş katsayıları da fotonların diğer parçacıklar ile rekabetinin hesaplanması açısından Hawser-Feshbach modeline girer. Çok kutupluluk için gamma ışını geçiş katsayısı ifadesi aşağıdaki gibidir [3].

$$T_{xl}(E_\gamma) = 2\pi f_{xl}(E_\gamma) E_\gamma^{2l+1} \quad (1)$$

Burada;  $E_\gamma$  gamma enerjisini ve  $f_{xl}(E_\gamma)$  ise, enerji bağımlı gamma ışını kuvvet fonksiyonunu ifade eder. TALYS 1.6 Monte Carlo simülasyon kodunda gamma kuvvet fonksiyonları için 5 farklı model bulunmaktadır. Biz hesaplamamızda Kopecky-Uhl genelleştirilmiş lorentzian modelini kullandık [3].

$$f_{E1}(E_\gamma, T) = K_{E1} \left[ \frac{E_\gamma \Gamma_{E1}(E_\gamma)}{(E_\gamma^2 - E_{E1}^2)^2 + E_\gamma^2 \Gamma_{E1}(E_\gamma)^2} + \frac{0.7 \Gamma_{E1} 4\pi^2 T^2}{E_{E1}^3} \right] \sigma_{E1} \Gamma_{E1} \quad (2)$$

$$\Gamma_{E1}(E_\gamma) = \Gamma_{E1} \frac{E_\gamma^2 + 4\pi^2 T^2}{E_{E1}^2} \quad T = \sqrt{\frac{E_n + S_n - \Delta - E_\gamma}{a(S_n)}} \quad (3)$$

$E_1$  geçişleri için Giant Dipole Rezonans parametreleri, çeşitli çekirdekler için TALYS 1.6 Monte Carlo Simülasyon kodunun nükleer yapı veri bankasında mevcuttur. Bazı çekirdeklerin GDR'si ikinci bir lorentzian parametresine sahiptir. Bu durumlar için, iki kuvvet fonksiyonunun tutarsız toplamı alınır.  $E_1$  dışındaki bütün geçişler için Kopecky [3] tarafından derlenmiş sistematik formül kullanılır. Tablolanmış verisi bulunmayan  $E_1$  geçişi için;

$$\sigma_{E1} = 1.2 \times 120 \frac{NZ}{(A\pi\Gamma_{E1})} mb \quad E_{E1} = 31.2A^{-1/3} + 20.6A^{-1/6} MeV \quad \Gamma_{E1} = 0.026E_{E1}^{1.91} MeV \quad \dots \quad (4)$$

$E_2$  geçişleri için;

$$\sigma_{E2} = 0.00014Z^2 \frac{E_{E2}}{(A^{1/3}\Gamma_{E2})} mb \quad E_{E2} = 63 \cdot A^{-1/3} MeV \quad \Gamma_{E2} = 6.11 - 0.012A \quad (5)$$

$E_2$ 'den yüksek çok kutuplu radyasyon için;

$$\sigma_{El} = 8 \cdot 10^{-4} \sigma_{E(l-1)} \quad E_{El} = E_{E(l-1)} \quad \Gamma_{El} = \Gamma_{E(l-1)} \quad (6)$$

$M_1$  geçişleri için;

$$f_{M1} = 1.58A^{0.47} \quad E_{M1} = 41 \cdot A^{-1/3} MeV \quad \Gamma_{M1} = 4 MeV \quad (7)$$

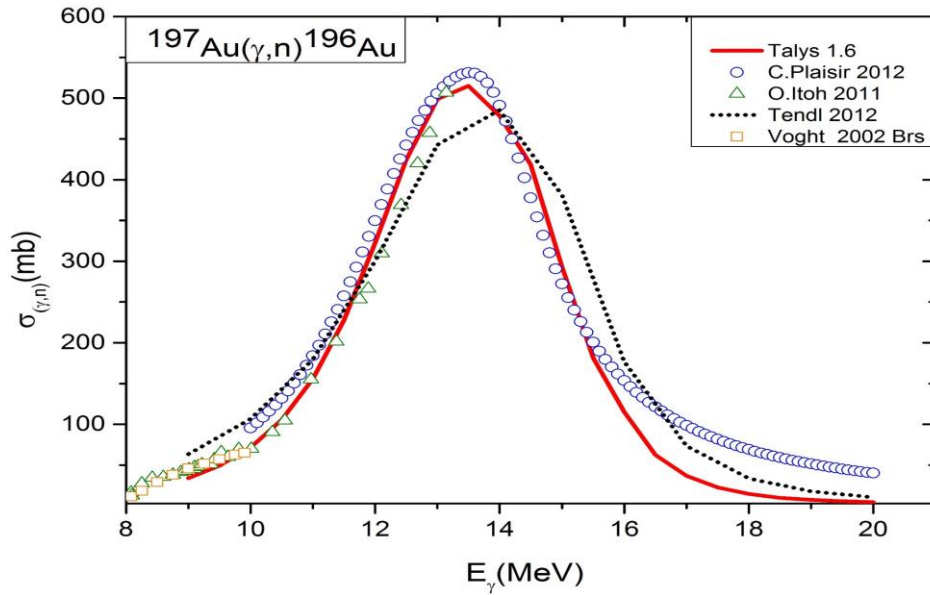
$M_1$ 'den yüksek çok kutuplu radyasyon için;

$$\sigma_{Ml} = 8.10^{-4} \sigma_{M(l-1)} \quad E_{Ml} = E_{M(l-1)} \quad \Gamma_{Ml} = \Gamma_{M(l-1)} \quad (8)$$

deklemleriyle ifade edilir.

### 3. Bulgular

TALYS 1.6 simülasyon kodu [3] çalışırken hesaba katılan parametreler ve modellerin (denge öncesi, optik model, gamma emisyonu, seviye yoğunlukları ve fizyona ilişkin parametreleri yapılan çalışmalara göre özelleştirebiliriz.  $^{197}\text{Au}(\gamma,n)^{196}\text{Au}$  hesaplanan toplam tesir kesitleri analiz edilip incelendiğinde, elde ettiğimiz teorik hesaplamalar ve bu hesaplamalardan literatürde mevcut deneysel ölçümler ve teorik hesaplamalar ile karşılaştırılması sonucu elde edilen grafik aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.  $^{197}\text{Au}(\gamma,n)^{196}\text{Au}$  reaksiyon tesir kesiti grafiği [4,5,6,2]

8-16 MeV aralığında grafiğimiz C. Plaisir 2012 [4] ile çok iyi uyum içerisinde çıkmıştır. Aynı zamanda 8-13 MeV aralığında O. Itoh 2011 [5] ile genel uyum içerisinde olduğu görülmektedir. 8-10 MeV aralığında K. Vogt 2002 [2] ile de genel bir uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

### 4. Sonuç ve Yorum

TALYS 1.6 kodu kullanılarak hesaplanan tesir kesitleri EXFOR'dan [7] alınan C.Plaisir [4] vd, Itoh [5] v.d deneysel verilerle karşılaştırıldığında, genel uyum içerisinde olduğu görüldü. 10,5-15,5 MeV aralığında hesaplanan tesir kesiti ile deneysel veriler arasında ortalama % 11 farklılık vardır. Hesaplamalar deneysel verinin altındadır. Bu ise, deneysel verilerin ilgili reaksiyon tesir kesitlerini tam ayıramadığından kaynaklanıyor olabilir. 15,7 MeV'de hesaplanan  $(\gamma,2n)$  tesir kesiti etkisi başlamaktadır. Deneysel

verilerde bahsedilen ( $\gamma, 2n$ ) reaksiyon tesir kesitinin katkılarının da olduğu düşünülmektedir.

### **Teşekkür ve Bilgi**

Bu çalışma Adım Fizik Günleri-III 2014’de poster olarak sunulmuştur.

### **Kaynaklar**

- [1] Hara K.Y., Harada H., Kıtatanı F., Goko S., Horara S., Kaihoru T., Makinaga A., Utsonomiya H., Toyokowa H., Yamada K., 2007. Measurements of the  $^{152}\text{Sm}(n)$  cross section with laser-compton scattering rays and the photon difference method, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 44(7): 938–945.
- [2] Vogt K., Mohra, P., Babilon M., Bayer W., Galaviz D., Hartmann T., Huttera C., Rauscher T., Sonnabend K., Volza S., Zilges A., 2002. Measurement of the ( $\gamma, n$ ) cross section of the nucleus  $^{197}\text{Au}$  close above the reaction threshold, *Nuclear Physics A*, 707(1-2): 241–252.
- [3] Koning A. J., Hilaire S., Duijvestijn M.J., 2007. Proceedings of The International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, (Eds.:Bersillon O., Gunsing F., Bauge E., Jacqmin R., Leray S.) EDP Sciences, Nice, pp. 211-214.
- [4] Plaisir C., Hannachi F., Gobet F., Tarisien M., Aléonard M.M., Méot V., Gosselin G., Morel P., Morillon B., 2012. Measurement of the  $^{85}\text{Rb}(\gamma, n)^{84\text{m}}\text{Rb}$  cross-section in the energy range 10-19 MeV with Bremsstrahlung photons, *The European Physical Journal*, 48(68).
- [5] Itoh O., Utsonomiya H., Akimune H., Kondo T., Kamata M., Yamagata T., Toyokowa H., Harada H., Kıtatanı F., Goko S., Nair C., Lu Y.W., 2011. Photoneutron cross sections for Au revisited: measurements with laser compton scattering  $\gamma$ -rays and data reduction by a least-squares method, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 48(5):834-840.
- [6] <http://www.talys.eu/tendl-2012/> (15 April 2014).
- [7] <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm> (15 April 2014).

Mesut ALTINTAŞ e-posta: mstaltna@outlook.com.tr

Ufuk AKÇAALAN e-posta: uakcaalan@usr.aku.edu.tr

H. Ali YALIM e-posta: hayalim@aku.edu.tr

Bekir ORUNCAK e-posta: boruncak@aku.edu.tr