

$^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ Esnek Saçılmasının 5 MeV/n Civarında Sığ Ek-Potansiyeller Kullanılarak Tek-Kanal Optik Model Analizleri

Mehmet Ertan Kürkcüoğlu^{1,*}, Merve Tülüler¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

*Yazışılan yazar e-posta: ertankurcuoglu@sdu.edu.tr

Alınış: 31 Mart 2015, Kabul: 11 Mayıs 2015

Özet: Tek-kanal optik model (OM) yaklaşımı, hafif ağır iyon saçılmalarının çalışılmasında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu modeldeki temel problem, spesifik bir reaksiyonun gözlenirlerini açıklamak için başarılı sonuçlar üretebilecek bir OM potansiyel formunun belirlenmesi işlemidir. Bu çalışmada, $E_{LAB}=75,0, 80,6$ ve $87,2$ MeV gelme enerjilerinde $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasını açıklamak için kullanılan nükleer potansiyele eklenen sığ yapıdaki ek-potansiyellerin diferansiyel tesir-kesiti analizleri üzerindeki etkisi, deneysel veriler baz alınarak incelenmektedir. Önceki OM hesaplamalarımızda kullanılan $WS2+iWS2$ yapısındaki nükleer potansiyelin gerçel veya sanal kısımlarına sığ ek-potansiyeller eklenerek en uygun fenomenolojik potansiyel yapısı araştırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları ile deneysel veriler arasındaki uyum, χ^2 hata hesabı ile değerlendirilmiştir. Genel olarak, sanal kısma eklenen ek-potansiyeller ile yapılan analizlerin gerçel kısma eklenen ek-potansiyellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, sanal kısma eklenen ve potansiyel derinliği %30 seçilen Wood-Saxon Derivatif (WSD) formundaki ek-potansiyelli analizlerin, diğer sığ ek-potansiyel formlarını içeren analizlere göre esnek açısal dağılım verilerini daha başarılı şekilde ürettiği bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılması, optik model, tesir-kesiti, ek-potansiyel

One-Channel Optical Model Analyses of $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ Elastic Scattering around 5 MeV/n by using Additional Shallow Potentials

Abstract: One-channel optical model (OM) approach is widely used for studying the scattering of light heavy-ions. The main problem in this model is to determine the shape of the OM potential that must produce successful results for explaining the observables of a specific reaction. In this study, the effects of shallow additional potentials, that added to the nuclear potential for describing the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ elastic scattering at the incident energies $E_{LAB}=75.0, 80.6$ and 87.2 MeV, have been investigated with respect to the experimental data. The most suitable phenomenological potential shape is searched by adding shallow additional potentials to the real or imaginary parts of a nuclear potential having $WS2+iWS2$ form that used in our OM calculations previously. The agreement between the results of the analyses and the experimental data is evaluated by the χ^2 criterion. In general, the analyses using additional potentials in the imaginary part have revealed better results than the additional potentials with the real part. Furthermore, it is found that an additional potential of Woods-Saxon Derivative (WSD) shape used in the imaginary part with a potential depth of 30% reproduces the elastic angular distributions more successfully than the analyses with other shallow additional potential forms.

Key words: $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ elastic scattering, optical model, cross-section, additional potential

1. Giriş

Hafif ağır-iyon (HI) etkileşimlerinde esnek ve esnek olmayan saçılma, nükleer fizik açısından çekirdek özelliklerine ait bilgi birikiminin sağlanması ve hedefle mermi arasındaki etkileşim potansiyelinin incelenmesi bakımından önemli bir yere sahiptir. Saçılma mekanizması, nükleer reaksiyonları açıklamak için geliştirilen diğer modellerin

yanı sıra, genellikle daha kolay ve pratik olması nedeniyle tercih edilen optik model (OM) ile başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir [1,2].

Küresel yapıdaki iki özdeş oksijen çekirdeği arasında gerçekleşen $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ saçılması, sergilediği ilginç nükleer özellikler nedeniyle HI reaksiyonları arasında, deneysel [2-8] ve teorik olarak [2,4,7-16] yoğun şekilde çalışılmaktadır. OM formalizmini temel alan bu çalışmaların sonucunda, $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ sistemi için etkileşme potansiyelinin yapısına yönelik önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Hedef ve mermi arasındaki etkileşmeyi tanımlayan nükleer potansiyelin derin ve çekici bir gerçel kısım ve nispeten zayıf ve soğurucu bir sanal kısımdan oluşması gerektiği ortaya konmuştur.

Spesifik olarak 5 MeV/nükleon bölgesinde $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasının OM ile açıklanmasına yönelik önceki çalışmalara bakıldığında, nükleer potansiyelin gerçel ve sanal kısımları için Woods-Saxon (WS) veya Woods-Saxon-Kare (WS2) formlarındaki potansiyellerin kullanılmasıyla daha başarılı sonuçlar elde edilebildiği görülmektedir [2,7,14-16]. $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasıyla ilgili araştırmalarda, sıkı yapılara karşılık gelen rezonans bölgesi [3], gözlemlenen nükleer gökkuşakları [7] ve Airy yapıları gibi nükleer özellikler rapor edilmiş olmakla birlikte, analizlerde yer alan fenomenolojik nükleer potansiyelin inşasında kullanılacak parametreler için belirli bir sistematığın oluşturulamaması dikkat çekicidir [14,15]. Bu zorluk, potansiyel parametrelerinin sistematik bir şekilde belirlenmesi üzerine, yakın zamanda yapılan bir çalışmayla büyük oranda aşılmıştır [16].

Tek-kanallı optik modeli temel alan bu çalışmamızda, $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılması için $E_{LAB}= 75,0, 80,6$ ve $87,2$ MeV gelme enerjilerinde WS2+iWS2 formuna sahip temel nükleer potansiyelin gerçel veya sanal kısımlarına eklenen WSD yapısındaki sıg ek-potansiyellerin analizler üzerindeki etkileri incelenmiş ve deneysel tesir-kesiti verilerini en iyi açıklayan yapı araştırılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan OM potansiyelinin yapısı izleyen bölümde verilmektedir. Sıg ek-potansiyellerin kullanılmasıyla elde edilen yeni analiz sonuçlarının, deneysel diferansiyel tesir-kesiti verileri esas alınarak karşılaştırılması ve tartışılması sonraki bölümlerde sunulmaktadır.

2. Model Potansiyeli

OM, nükleer saçılma reaksiyonlarının tanımlanmasında sıkça başvurulan basit ve başarılı bir modeldir. OM, hedef ile mermi çekirdek arasındaki saçılmaları, ışığın karmaşık kırılma indisli bir ortamda sergilediği yansıma, soğrulma ve kırınım özelliklerine benzerliğinden hareketle tanımlar. Mermi ile hedef arasındaki iki-cisim etkileşmesini, indirgenmiş kütlelerin bir potansiyelden saçılması problemine dönüştüren bu modelde, kullanılan karmaşık yapıdaki nükleer potansiyelin gerçel kısmı esnek saçılmayı, sanal kısmı ise soğrulmayı temsil eder. Böylelikle, saçılma problemi daha kolay bir biçimde çalışılabilir. İlk OM potansiyeli Feshbach ve arkadaşları tarafından bir kare kuyu potansiyeli olarak önerilmiştir [17]. Bununla birlikte yapılan araştırmalar, OM için uygun potansiyel yapısının WS formunda [18] seçilebileceğini göstermiştir. WS şekil çarpanının genel yapısı,

$$f^n(r, r_i, a_i) = \frac{1}{\left[1 + \exp\left(\frac{r - r_i(A_p^{1/3} + A_t^{1/3})}{a_i}\right)\right]^n} \quad (1)$$

ile verilmektedir. Bu eşitlikte, hedefle mermi çekirdeğin merkezleri arasındaki uzaklık r , çekirdek potansiyelinin merkez değerinin yarısına düştüğü yarıçap (indirgenmiş yarıçap) r_i ile gösterilmektedir. Mermi ile hedefin kütle numaraları sırasıyla A_p ve A_t ile verilmektedir. Difüzyon parametresi olarak adlandırılan a_i ise potansiyelin maksimum değerinin %90'ından %10'una düştüğü noktalar arasındaki uzaklıktan elde edilen bir parametredir. Eşitlik 1'de, WS formu için $n=1$ ve WS2 formu için $n=2$ alınmaktadır.

$^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ sistemi için etkileşim potansiyelinin genel yapısı,

$$V(r) = V_C(r) + V_N(r) + V_\ell(r) \quad (2)$$

ile temsil edilebilir. Bu potansiyel sırasıyla, Coulomb potansiyeli, nükleer potansiyel ve merkezci potansiyelin birleşiminden oluşmaktadır. Eşitlik 2'deki potansiyellerden Coulomb potansiyelinin ve merkezci potansiyelin yapısı oldukça iyi tanımlıdır [2]. Bu yüzden, spesifik bir reaksiyon çalışılırken, nükleer potansiyelin gerçel ve sanal bileşenleri için en uygun potansiyel formlarının belirlenmesi gerekir.

Çalışmamızda, 2013 yılında önerilen bir potansiyel formu [16], temel nükleer potansiyel olarak seçilmiştir ($V_M(r) = V_{gerçel}(r) + iV_{sanal}(r)$). Böylelikle, temel nükleer potansiyelin gerçel kısmı,

$$V_{gerçel}(r) = \frac{-V_0}{\left[1 + \exp\left(\frac{r - r_0(A_p^{1/3} + A_t^{1/3})}{a_0}\right)\right]^2} \quad (3)$$

ve sanal kısmı ise

$$V_{sanal}(r) = \frac{-W_V}{\left[1 + \exp\left(\frac{r - r_V(A_p^{1/3} + A_t^{1/3})}{a_V}\right)\right]^2} \quad (4)$$

şeklinde gösterilebilir. Gerçel ve sanal potansiyel bileşenlerinin her ikisi de WS2 formundadır. Eşitlik 3'teki V_0 , gerçel kısmın potansiyel derinliği, Eşitlik 4 ile verilen W_V niceliği de sanal kısmın potansiyel derinliğidir. r_0, a_0, r_V ve a_V ise gerçel ve sanal potansiyelerde kullanılan geometri parametrelerini temsil etmektedir. Temel nükleer potansiyel için önceki çalışmada kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Temel nükleer potansiyele ait dinamik ve geometri parametreleri (temel nükleer potansiyelin oluşturulmasında kullanılan parametreler [16] kaynağından alınmıştır)

E_{LAB} (MeV)	$V_{gerçel}(r)$ için			$V_{sanal}(r)$ için		
	V_0 (MeV)	r_0 (fm)	a_0 (fm)	W_V (MeV)	r_V (fm)	a_V (fm)
75,0			1,540	13,86	1,170	1,260
80,6	420	0,777	1,590	14,01	1,217	1,320
87,2			1,580	14,17	1,303	1,230

HI saçılmalarında (yüzeydeki soğrulmanın önemli olduğu) kimi durumlarda, nükleer potansiyelin sanal kısmı için hacim bileşeni ile birlikte Woods-Saxon-Derivatif (WSD) formunda bir yüzey terimi de kullanılabilir. WS şekil çarpanının türevi şeklinde seçilen ve V_D potansiyel derinliğine sahip WSD formundaki bir yüzey potansiyeli,

$$V_{WSD}(r) = -4a_D V_D \left\{ -\frac{d}{dr} \left[\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{r - r_D (A_p^{1/3} + A_t^{1/3})}{a_D}\right)} \right] \right\} \quad (5)$$

şeklinde gösterilebilir. Analizlerimizde kullanılan sığ yapıdaki ek-potansiyeller için bu form esas alınmıştır. Böylelikle, bu çalışmadaki hesaplamalarımız için (Eşitlik 2 ile verilen etkileşim potansiyeli ifadesindeki) $V_N(r)$ terimi; $V_M(r)$ potansiyelinin gerçel veya sanal kısmına, Eşitlik 5 ile verilen forma sahip, üç parametrelili sığ bir ek-potansiyelin eklenmesiyle oluşturulmuştur:

$$V_N(r) = \left\{ \begin{array}{l} V_I(r) = [V_{gerçel}(r) + V_{WSD}(r)] + iV_{sanal}(r) \\ V_{II}(r) = V_{gerçel}(r) + i[V_{sanal}(r) + V_{WSD}(r)] \end{array} \right\}. \quad (6)$$

Nükleer potansiyelin gerçel veya sanal kısmına eklenen sığ yapıdaki ve farklı derinliklerdeki ek-potansiyeller ile gerçekleştirilen diferansiyel tesir-kesiti hesaplamalarıyla deneysel veriler arasındaki uyum, χ^2 hata hesabı,

$$\chi^2 = \frac{1}{N_\sigma} \sum_{i=1}^{N_\sigma} \frac{(\sigma_{th} - \sigma_{ex})^2}{(\Delta\sigma_{ex})^2} \quad (7)$$

kullanılarak belirlenmiştir. Eşitlik 7'deki σ_{th} , σ_{ex} ve $\Delta\sigma_{ex}$ sırasıyla, teorik tesir-kesiti, deneysel tesir-kesiti ve deneysel tesir-kesitindeki hata oranını göstermektedir. N_σ ise ölçülen açıların toplam sayısını temsil etmektedir. Hata hesaplamaları için, tüm deneysel verilerin %10'luk sabit bir deneysel hata değerine sahip olduğu kabul edilmiştir.

3. Bulgular

Bu çalışmada, $E_{LAB}=75,0, 80,6$ ve $87,2$ MeV gelme enerjilerinde, $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ sistemine ait esnek saçılma açılal dağılımlarını açıklamak için yapılan tek-kanallı OM analizleri

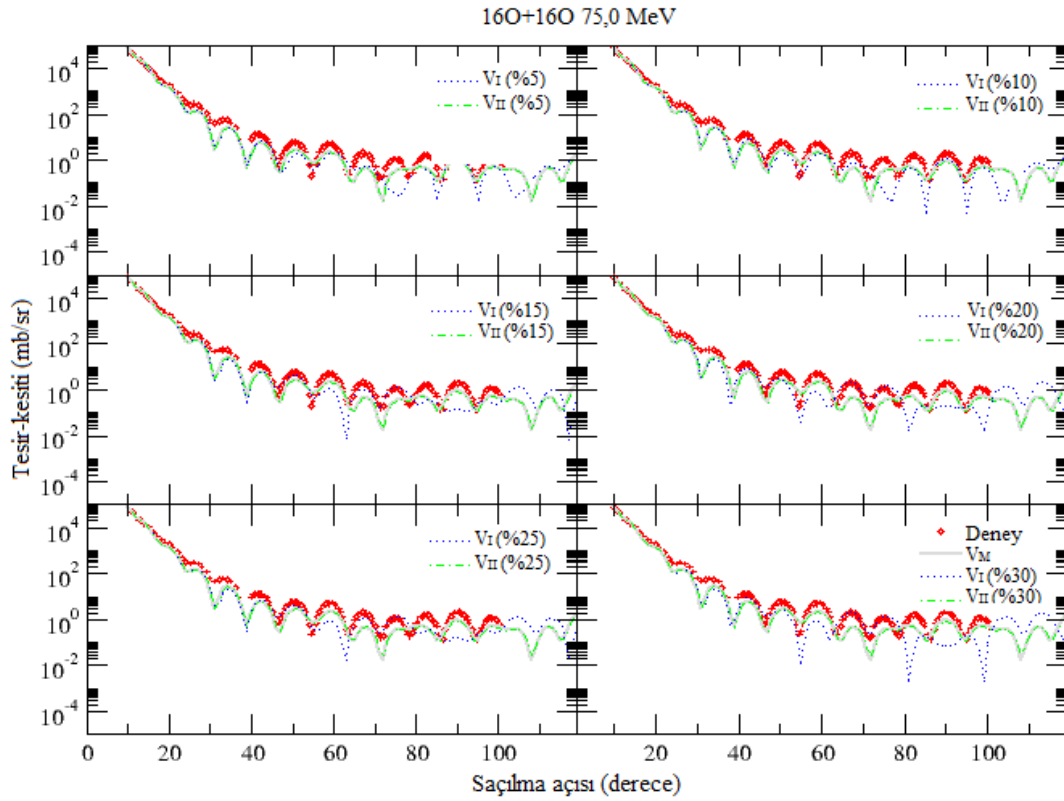
sunulmaktadır. $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasına ait teorik hesaplamalar, Eşitlik 6'da verilen $V_I(r)$ ve $V_{II}(r)$ formundaki fenomenolojik nükleer potansiyellerin Fresco programında [19] kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. WSD şekline sahip sığ ek-potansiyel terimi içeren bu iki nükleer potansiyel formu ile yapılan tesir-kesiti analizlerinin ne derece başarılı olduğunun incelenmesi, WS2+iWS2 yapısındaki temel nükleer potansiyeli öneren daha önceki global analiz çalışması sonuçları [16] ve deneysel veriler [7] baz alınarak değerlendirilmektedir. Sığ ek-potansiyellerin oluşturulmasında kullanılan potansiyel derinlikleri V_D ve W_D , ek-potansiyelin gerçel veya sanal kısma eklenmesine bağlı olarak, ilgili enerjideki temel nükleer potansiyele ait V_0 ve W_V derinliklerinin (Tablo 1) %5'i ile %30'u arasındaki değerler için %5'lik artışlarla sağlanmıştır. Geometri parametreleri ise deneysel verilere en uyumlu analizlerin elde edilebilmesi amacıyla serbest bırakılmıştır (Tablo 2). Hesaplamamızda Coulomb yarıçapı için $r_C = 1,2\text{ fm}$ alınmıştır [16]. Diferansiyel tesir-kesiti hesaplamaları için yaptığımız yeni analizler ile deneysel veriler arasındaki uyum düzeyini gösteren χ^2 değerleri, çalışmamızda kullanılan ek-potansiyel parametreleri ile birlikte Tablo 2'de sunulmaktadır.

$^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasına ait deneysel ölçümler ile analiz sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 1-3'de verilmektedir. 75,0 MeV için Şekil 1 ile verilen grafikte, analizlerin 70° civarına kadar, deneysel ölçümlerin sergilediği deseni doğru bir biçimde üretilbildiği görülmektedir. 80,6 MeV verisi için 90° ve 87,2 MeV verisi için ise 70° civarına kadar, maksimum ve minimumlar uyumlu bir şekilde takip edilmektedir (Şekil 2 ve 3). Genel olarak bakıldığında, her üç enerji için de potansiyel derinliğinin %30 olarak seçildiği analizlerin diğer analizlere göre daha başarılı olduğu söylenebilir. $V_I(r)$ ve $V_{II}(r)$ formundaki nükleer potansiyellerle yapılan hesaplamalar karşılaştırıldığında, temel nükleer potansiyelin sanal kısmına eklenen potansiyeller ile yapılan analizlerin tartışmasız olarak daha üstün olduğu bulunmuştur (Tablo 2 ve Şekil 1-3). Bu durum, nükleer potansiyelin sanal hacim bileşenine eklenen ve yüzeydeki soğrulmalara duyarlı, sığ bir yüzey teriminin kullanılması şeklinde de yorumlanabilir.

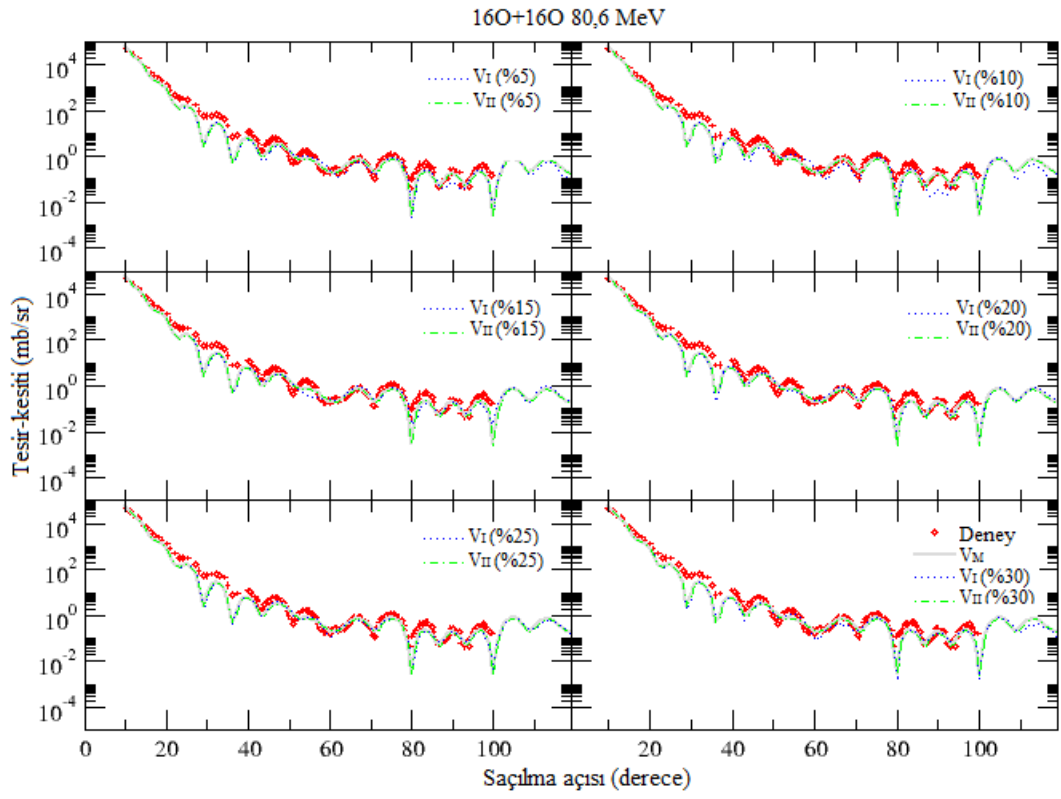
Böylelikle, %30'luk potansiyel derinliğe sahip ve $V_{II}(r)$ yapısındaki nükleer potansiyellerle en başarılı analizlere ulaşılmıştır. Bu analizler için 75,0 MeV ve 87,2 MeV enerjilerindeki hesaplama değerleri, temel nükleer potansiyelin kullanıldığı analiz sonuçları ile uyum içerisinde olmakla birlikte deneysel verileri çok az aşağıdan takip etmektedir (Şekil 1 ve Şekil 3). 80,6 MeV'deki analiz sonuçları ise deneysel verilerle ve $V_M(r)$ potansiyelli analizle daha uyumlu bir yapı sergilemektedir (Şekil 2).

Tablo 2. $E_{LAB}=75,0, 80,6$ ve $87,2$ MeV enerjilerindeki OM analizleri için Eşitlik 6 ile verilen $V_I(r)$ ve $V_{II}(r)$ tipindeki nükleer potansiyellerin oluşturulmasında kullanılan sıg ek-potansiyellere ait parametreler ve bu analizlerin χ^2 değerleri. (Hesaplamalarda, Eşitlik 6'daki $V_{gerçel}(r)$ ve $V_{sanal}(r)$ potansiyelleri için Tablo 1'deki parametreler kullanılmıştır. Gerçel veya sanal kısımlara eklenen $V_{WSD}(r)$ formundaki potansiyellerin potansiyel derinlikleri için $V_M(r)$ 'nin oluşturulmasında kullanılan dinamik parametrelerin %5'i ile %30'u arasındaki derinlikler incelenmiştir)

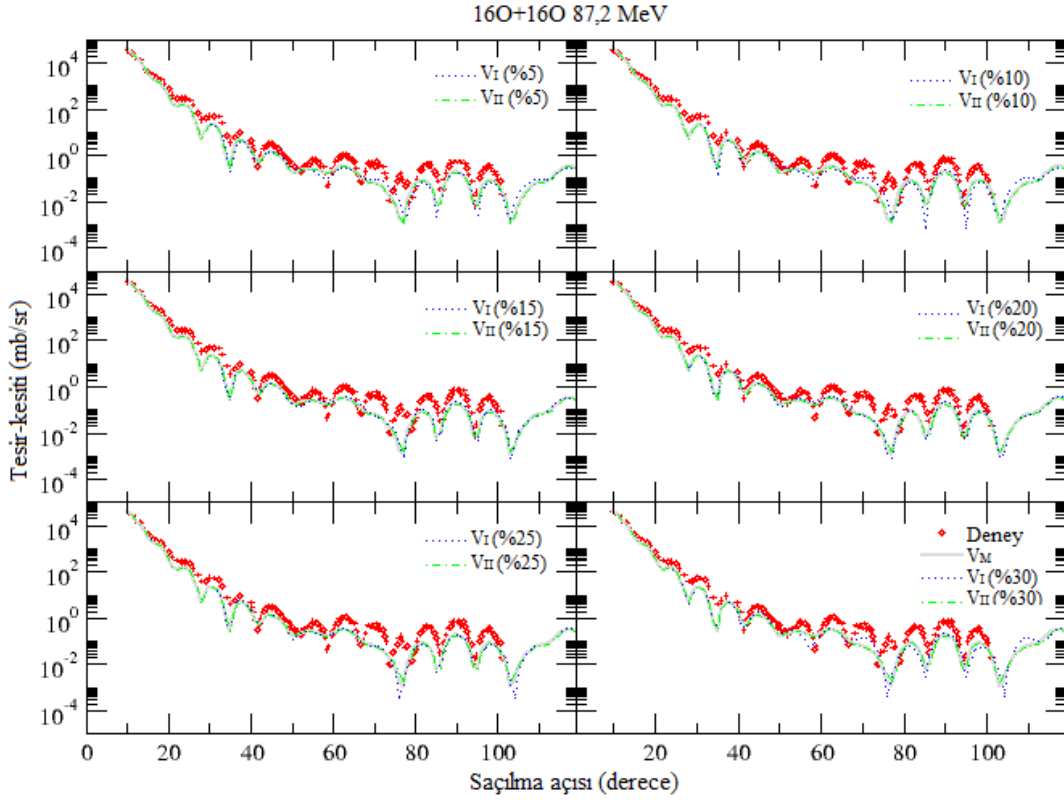
E_{LAB} (MeV)	Gerçel Kısıma Eklenen $V_{WSD}(r)$ için				Sanal Kısıma Eklenen $V_{WSD}(r)$ için				χ^2
	Potansiyel Derinliği	V_D (MeV)	r_D (fm)	a_D (fm)	Potansiyel Derinliği	W_D (MeV)	r_D (fm)	a_D (fm)	
75,0	%5	21,0	0,229	0,310	%5	-	-	-	37,9
		-	-	-		00,69	0,182	0,480	36,6
	%10	42,0	0,189	0,230	%10	-	-	-	37,3
		-	-	-		01,38	0,200	0,350	36,4
	%15	63,0	0,410	0,410	%15	-	-	-	44,8
		-	-	-		02,08	0,185	0,320	36,2
	%20	84,0	0,585	0,600	%20	-	-	-	59,0
	-	-	-		02,77	0,185	0,300	36,0	
	%25	105,0	0,385	0,240	%25	-	-	-	44,9
		-	-	-		03,46	0,185	0,280	35,8
	%30	126,0	0,517	0,430	%30	-	-	-	55,4
		-	-	-		04,15	0,180	0,280	35,7
80,6	%5	21,0	0,175	0,220	%5	-	-	-	28,5
		-	-	-		00,70	0,158	0,130	22,2
	%10	42,0	0,170	0,180	%10	-	-	-	37,6
		-	-	-		01,40	0,176	0,280	22,1
	%15	63,0	0,395	0,570	%15	-	-	-	27,6
		-	-	-		02,10	0,200	0,230	22,2
	%20	84,0	0,316	0,450	%20	-	-	-	25,0
	-	-	-		02,80	0,180	0,220	22,1	
	%25	105,0	0,261	0,410	%25	-	-	-	23,4
		-	-	-		03,50	0,171	0,160	21,9
	%30	126,0	0,222	0,400	%30	-	-	-	23,3
		-	-	-		04,20	0,165	0,200	21,9
87,2	%5	21,0	0,171	0,220	%5	-	-	-	50,8
		-	-	-		00,70	0,175	0,320	45,9
	%10	42,0	0,160	0,150	%10	-	-	-	55,5
		-	-	-		01,41	0,220	0,310	45,8
	%15	63,0	0,343	0,660	%15	-	-	-	54,0
		-	-	-		02,12	0,211	0,290	45,7
	%20	84,0	0,307	0,480	%20	-	-	-	52,1
	-	-	-		02,83	0,200	0,270	45,6	
	%25	105,0	0,285	0,380	%25	-	-	-	47,7
		-	-	-		03,54	0,200	0,260	45,5
	%30	126,0	0,203	0,450	%30	-	-	-	45,4
		-	-	-		04,25	0,195	0,240	45,5



Şekil 1. $E_{LAB}=75,0$ MeV enerjisinde $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasına ait deneysel tesir-kesiti ölçümlerinin, temel potansiyeli kullanan analizle ve sıg ek-potansiyellerin kullanıldığı yeni OM analizleriyle karşılaştırılması (grafiklerde, x-ekseni derece cinsinden saçılma açısını ve y-ekseni ise logaritmik skalada Rutherford diferansiyel tesir-kesitlerini göstermektedir). Potansiyel derinlikleri ve ilgili potansiyel yapıları her bir panel için etiketlenmiştir (deneysel veriler kırmızı daireler ile temel potansiyelle elde edilen fitler (V_M) gri düz çizgilerle, gerçel kısma eklenen ek-potansiyelli analiz sonuçları (V_I) mavi noktalarla ve sanal kısımda ek-potansiyellerin kullanıldığı analizlere ait tesir-kesitleri (V_{II}) ise yeşil noktalı çizgilerle temsil edilmektedir).



Şekil 2. Şekil 1 ile aynı fakat $E_{LAB}=80,6$ MeV enerjisi için elde edilen analizler



Şekil 3. Şekil 1 ile aynı fakat $E_{LAB}=87,2$ MeV enerjisi için elde edilen analizler

4. Sonuç

Spesifik bir HI saçılmasının standart OM'de incelenmesindeki kilit noktalardan birisi en uygun nükleer potansiyel formunun belirlenmesi işlemidir. $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılması üzerine gerçekleştirilen önceki teorik çalışmalar, nükleer potansiyelin gerçel kısmının katlı-modelle uyumlu sonuçlar üreten WS2 formunda seçilebileceğini göstermekle beraber sanal kısım için farklı yapıda fenomenolojik potansiyellerin kullanımı söz konusudur. Bununla birlikte, 5MeV/n civarındaki enerjiler için WS2 veya WS formunda seçilen saf hacim bileşenlerinin deneysel verileri açıklamada yeterince başarılı olduğu kabul edilmektedir.

Bu çalışmada, $E_{LAB}=75, 80,6$ ve $87,2$ MeV bombardıman enerjileri için $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılması, WS2+iWS2 formundaki temel potansiyelin gerçel veya sanal kısımlarına WSD yapısında sıg ek-potansiyellerin eklenmesiyle yeniden analiz edilmiştir. OM potansiyelinin formu, esnek diferansiyel tesir-kesiti ölçümleri kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplama sonuçları ile deneysel verilerin karşılaştırılmasıyla, en uygun nükleer potansiyel yapısının $V_{II}(r)$ formuna sahip durumda elde edildiği görülmüştür. Sanal kısma eklenen ek-potansiyellerin önceki teorik hesaplamalara benzer sonuçlar ürettiği tespit edilmiştir. En başarılı analizlere, temel nükleer potansiyelin sanal kısmına %30 derinlikli ek-potansiyel ilave edilmesiyle ulaşılmıştır. Bu analize ait χ^2 değerlerinin önceki teorik hesaplamalar kadar iyi olduğu, 75 ve 80,6 MeV enerjilerindeki analizlerde ise uyumun biraz daha arttırdığı bulunmuştur. Böylelikle, nükleer potansiyelin gerçel kısmına ait parametrelerin neredeyse sabitlendiği ($V_0=420$ MeV, $r_0=0,777$ fm ve a_0 difüzyon parametresinin ise 1,54 ve 1.59 fm arasında çok az değişecek biçimde alındığı) ve sanal kısma ait potansiyel derinliklerinin gelme enerjisine bağlı olarak ifade edilebildiği, yeni bir analiz literatüre kazandırılmış, 5MeV/n bölgesindeki enerjilerde $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ sistemi için WS2 formunda, derin, çekici bir gerçel bileşen ile WS2+WSD formunda, zayıf sanal bir bileşenden oluşan bir nükleer potansiyel ile başarılı bir OM analizi yapılabileceği gösterilmiştir.

Deneysel verilerle uyumun daha fazla iyileştirilebilmesi bakımından (artan ek-potansiyel derinliği ile analiz sonuçlarındaki uyum artışı göz önüne alınarak) 5MeV/n bölgesi için $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ esnek saçılmasının $V_{II}(r)$ formu için derin ek-potansiyeller kullanılarak incelenmesi tavsiye edilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı tarafından 3747-YL1-13 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar, Süleyman Demirel Üniversitesi'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Satchler G.R., 1980. Introduction to nuclear reactions, *Mc Millan Press Ltd*, London, pp.153-210.
- [2] Brandan M.E., Satchler G.R., 1997. The interaction between light heavy-ions and what it tells us, *Physics Reports*, 285 (4-5): 143-243.
- [3] Maher J.V., Sachs R.H., Siemssen R.H., Weidinger A., Bromley D.A., 1969. Nuclear interaction of oxygen with oxygen, *Physical Review*, 188 (4): 1665-1682.

- [4] Sugiyama Y., Tomita Y., Ikeeze H., Yamamuchi Y., Idenio K., Hamada S., Sugimutsu T., Hijiya M., Kondo Y., 1993. Observation of airy oscillation for the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ system at $E_{\text{lab}}=145\text{MeV}$, *Physics Letters B*, 312 (1-2): 35-39.
- [5] Bartnitzky G., Blazenik A., Bohlen H.G., 1996. Model-unrestricted nucleus-nucleus scattering potentials from measurement and analysis of $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ scattering, *Physics Letters B*, 365 (1-4): 23-28.
- [6] Kondo Y., Sugiyama Y., Tomita Y., Yamamuchi Y., Ikeeze H., Idenio K., Hamada S., Sugimutsu T., Hijiya M., Fujita H., 1996. Airy minimum crossing $\theta_{\text{cm}}=90^\circ$ at $E_{\text{lab}}=124\text{MeV}$ for the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ system, *Physics Letters B*, 365 (1-4): 17-22.
- [7] Nicoli M.P., Freeman F., Aissaou R.M., Beck N., Elanigue E., Noucier A., Morsad R., Szilner A., Basrak S., Brandan M.E., 1999. Refractive effects in the elastic scattering of light heavy ions between 5 and 10MeV/n: the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ reaction, *Nuclear Physics A*, 654 (1): 882-887.
- [8] Khoa D.T., von Ortezzen W., Bohlen H.G., Nuoffer F., 2000. Study of diffractive and refractive structure in the elastic $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ scattering at incident energies ranging from 124 to 1120MeV, *Nuclear Physics A*, 672 (1-4): 387-416.
- [9] Kondo Y., Robson B.A., Smith R., 1989. A deep potential description of the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ system, *Physics Letters B*, 227 (3-4): 310-314.
- [10] Brandan M.E., Satchler G.R., 1991. Optical potential ambiguities and $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ at 350MeV, *Physics Letters B*, 256 (3-4): 311-315.
- [11] Gonzalez M.M., Brandan M.E., 2001. The dispersion relation applied to the radial shape and energy dependence of the $^{16}\text{O}-^{16}\text{O}$ potential at intermediate energies, *Nuclear Physics A*, 693 (3-4): 603-615.
- [12] Khoa D.T., Bohlen H.G., von Ortezzen W., Bartnitzky G., Blazevic A., Nuoffer F., Gebauer B., Mitting W., Roussel-Chomaz P., 2005. Study of reactive structure in the inelastic $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ scattering at the incident energies of 250 to 1120 MeV, *Nuclear Physics A*, 759 (1-2), 3-22.
- [13] Cooper S.G., Mackintosh R.S., 1994. $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ elastic scattering at 350 MeV studied by inversion, *Nuclear Physics A*, 576 (2): 308-316.
- [14] Kürkçüoğlu M.E., Aytekin H., Boztosun İ., 2006. Optical model analysis of the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ nuclear scattering reaction around $E_{\text{lab}}=5$ MeV/nucleon, *Gazi Üniversitesi Journal of Science*, (19): 105-112.
- [15] Kürkçüoğlu M.E., Aytekin H., Boztosun I., 2006. An investigation of the $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ elastic scattering by using alpha-alpha double folding potential in optical model formalism, *Modern Physics Letters A*, 21 (29): 2217-2232.
- [16] Kürkçüoğlu M.E., Cof G., Aytekin H., Boztosun İ., 2013. Introducing a global optical model approach for analysing $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ elastic scattering at 5-10 MeV/nucleon region, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, (8): 71-81.
- [17] Feshbach H., Porter, C. E., Weisskopf, V. F. 1954. Model for nuclear reactions with neutrons, *Physical Review*, (96): 448-464.
- [18] Woods R. D., Saxon D.S. 1954. Diffuse surface optical model for nucleon-nuclei scattering, *Physical Review*, (95): 577-578.
- [19] Thompson, I.J., 1997. A Coupled-Channels Code (unpublished), FRESKO, England.

Merve TULÜLER e-posta: mervetululer@gmail.com