



## **${}^7\text{Be} + {}^{58}\text{Ni}$ Elastik Saçılma Sisteminin $E_{\text{Lab}}=23.2$ MeV Enerjisinde Mikroskopik Optik Model Analizi**

Mikail DİREKÇİ<sup>1\*</sup>, İsmail BOZTOSUN<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Yozgat

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Antalya

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Nükleer Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi (NUBA), Antalya

Received: 16.09.2016; Accepted: 18.11.2016

**Özet.** Bu çalışmamızda,  ${}^7\text{Be}$  zayıf bağlı ( $S_\alpha = 1.586$  MeV) ve ( ${}^7\text{Be} \rightarrow {}^3\text{He} + {}^4\text{He}$ ) kabuk yapısına sahip egzotik çekirdeğinin  ${}^{58}\text{Ni}$  kararlı çekirdeği üzerine  $E_{\text{Lab}}=23.2$  MeV'lik laboratuvar gelme enerjisinde gönderilmesi sonucu elde edilen Elastik Saçılma açısal dağılımı datası analiz edilmiştir. Zayıf-bağlı ve kabuk yapıya sahip bu çekirdek, Coulomb alanına veya hedef çekirdeğin nükleer alanına yaklaştıkça kabuk yapısı oluşturan bileşenlere parçalanma ya da bileşenlerin hedef çekirdeğe transfer olasılığı çok büyüktür. İncelenen saçılma sistemi Optik Model (OM) çerçevesinde analiz edilmiştir. İlk olarak, saçılma sisteminin açısal dağılımı datası, nükleer potansiyelin reel ve sanal kısımları Woods-Saxon (WS) formunda alınarak fenomenolojik olarak tekrardan incelenmiştir. İkinci olarak, saçılma sistemi  ${}^7\text{Be}$  çekirdeği için Gaussian and 3-parametrelili Fermi(3p-F) fenomenolojik madde yoğunluk dağılımlarının sırasıyla Çift-Katlı integral metodunda kullanılması elde edilen potansiyeller ile analiz edilmiştir. Fenomenolojik ve mikroskopik optik model analizinin karşılaştırılması ve literatürde ilk kez  ${}^7\text{Be}$  çekirdeği için 2 farklı madde yoğunluk dağılımı önerilerek saçılma sisteminin analizi amaçlanmıştır. Büyük soğurulma yarıçapı( $r_w$ ) değeri için teorik ve deneysel sonuçlar arasındaki uyumun gayet iyi olduğu ve küçük hata oranları,  $\chi^2/N$  elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zayıf bağlı çekirdek, Optik Model, Çift-Katlı potansiyel, Madde Yoğunluğu

## **Microscopic Optical Model Analysis of ${}^7\text{Be} + {}^{58}\text{Ni}$ Elastic Scattering System at $E_{\text{Lab}}=23.2$ MeV**

**Abstract.** In this study, angular distribution for the elastic scattering of  ${}^7\text{Be}$  which is weakly-bound ( $S_\alpha = 1.586$  MeV) and known as a well pronounced  ${}^3\text{He} + {}^4\text{He}$  cluster structure on  ${}^{58}\text{Ni}$  target have been analyzed at laboratory energy of 23.2 MeV. Therefore this nucleus has a large probability to breakup into its constituent cluster features, while approaching the Coulomb or nuclear field of a target nucleus, or to transfer just one of the two clusters to the target. This scattering system has been analyzed within the Optical Model (OM) framework. Firstly, the analysis of angular distribution of this scattering system have been re-performed by phenomenological optical potentials using Woods-Saxon (WS) form for both real and imaginary part of nuclear potential. Secondly, the system has been analyzed by Double-Folding (DF) potential that calculated by using phenomenological matter density forms of  ${}^7\text{Be}$  nucleus are Gaussian and 3-parameter Fermi, respectively. Comparative analysis of phenomological and microscopic optic model has been aimed and also sure, first time we suggested phenomenological two different kinds of matter density of  ${}^7\text{Be}$  nucleus to analyze that system. We observed that for the large imaginary radius, ( $r_w$ ), provides very good agreement between theoretical and experimental results have been obtained with small  $\chi^2/N$  values.

**Anahtar Kelimeler:** Weakly bound nucleus, Optical Model, Double-folding potential, Matter Density

### **1. GİRİŞ**

Radyoaktif demet üretim merkezlerindeki [1] teknolojik ilerlemelere bağlı olarak, kararlılık vadisinin dışında yer alan zayıf bağlı ve hafif kütleli egzotik çekirdeklerle gerçekleştirilen deneysel çalışmalar egzotik çekirdeklere özgü yapısal özellikler açısından teorik nükleer modeller için büyük öneme

\* Corresponding author. Email address: mikaildirekci@yahoo.com

sahiptir. Reaksiyon dinamiği açısından egzotik çekirdeklerden bazıları örneğin  ${}^6\text{He}$  [2],  ${}^{11}\text{Li}$  [3],  ${}^8\text{B}$  [4-5],  ${}^{17}\text{F}$  [6] ve  ${}^{11}\text{Be}$  [7-8-9-10] çekirdekleri kor etrafında zayıf bağlı nükleon ya da nükleonlar bulunduklarından dolayı geniş radyal dağılıma neden olan haleli (kuyruk) yapıya sahiptirler. Bu haleli yapılarındaki zayıf bağlı nükleonların ( $S_{n,p} < 1$  MeV) nedeniyle bu egzotik çekirdekte parçalanma, transfer, koparma benzeri reaksiyonların gözlemlenmesi başlıca araştırma konularındandır. Literatürde zayıf-bağlı ve kabuk yapıya sahip  ${}^7\text{Be}$  çekirdeğinin reaksiyon dinamiği açısından tercih edilme nedenleri arasında; Coulomb alanına veya hedef çekirdeğin nükleer alanına yaklaştıkça kabuk yapıyı oluşturan bileşenlerine parçalanma ya da bileşenlerin hedef çekirdeğe transfer olasılığı çok büyük rol oynaması yer almaktadır. Bu nedenle reaksiyon dinamiği açısından hem parçalanma hem de transfer olaylarını gözlemek adına hafif kütleli çekirdekler içerisinde uygun bir çekirdektir. Çünkü çekirdek içerisinde kabuk yapıyı oluşturan  ${}^4\text{He}$  ve  ${}^3\text{He}$  çekirdeklerin her ikisi de kararlı, sıkı-bağlı ve hemen hemen eşit kütlelere sahiptir. Bu durum aynı deneysel tekniklerle kabuk yapıyı oluşturan çekirdekleri gözlemek adına deneysel çalışmalara kolaylık sağlamaktadır[11].  ${}^7\text{Be}$  radyoaktif çekirdeği ( $T_{1/2}=53.24$  gün) ile Coulomb bariyeri civarındaki enerjilerde,  ${}^7\text{Be} + {}^{238}\text{U}$ [12] saçılma sistemi için 5 farklı enerjilerde füzyon-fisyon ve transfer/parçalanma-fisyon tesir kesitleri ölçülmüştür. Bir başka saçılma sistemi olarak  ${}^7\text{Be} + {}^{58}\text{Ni}$ [4] saçılma sistemi yine 5 farklı demet enerjisi değeri ölçülmüş ve her bir enerji değeri için toplam reaksiyon tesir kesiti elde edilmiştir.

Bu çalışmamızda,  ${}^7\text{Be} + {}^{58}\text{Ni}$ [13] saçılma sisteminin deneysel verilerini OM çerçevesinde hem fenomenolojik hem de mikroskobik olarak analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen mikroskobik OM analizinde  ${}^7\text{Be}$  için ilk kez fenomenolojik formda önerdiğimiz 3p-Fermi ve Gaussian yoğunluk dağılımları kullanılarak deneysel açısal dağılım verilerini analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda her iki yoğunluk dağılımında deneysel verileri açıklamak adına güzel sonuçlar verdiği görülmüştür ve fenomenolojik potansiyel ile gerçekleştirilen analize kıyasla düşük hata oranları elde edilmiştir. Çalışmamızın organizasyonu genel olarak; 2. Kısımda metod olarak OM analizini, Fenomenolojik ve mikroskobik OM analizi iki ayrı alt başlıkta tanımladık. 3. Kısımda ise; analiz sonucu elde edilen bulgular ve tartışım bölümü yer almaktadır. Son olarak 3. Kısımda analizlerden elde edilen bulgulara ait sonuç bölümü yer almaktadır.

## 2. METOT

### 2.1. OPTİK MODEL ANALİZİ

#### 2.1.1. Fenomenolojik Optik Model Analizi

Coulomb bariyeri civarında  $E_{\text{Lab}}=23.2$  MeV gelme enerjisinde elde edilen  ${}^7\text{Be} + {}^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma açısal dağılımı datası Optik model çerçevesinde hem fenomenolojik hem de mikroskobik analizleri yapılmıştır. Fenomenolojik optik model hesaplamalarımızda toplam potansiyel Nükleer, Coulomb ve Merkezci olmak üzere 3 potansiyelden oluşmaktadır.

$$V_{\text{toplam}} = V_{\text{Coulomb}} + V_{\text{Nükleer}} + V_{\text{Merkezci}} \quad (1)$$

Toplam potansiyelde nükleer potansiyel kompleks yapıda olup, reel ( $V$ ) ve sanal ( $W$ ) şeklindedir. Denklem 2'de yer alan kompleks yapıdaki nükleer potansiyelin reel kısmı saçılmadan, sanal kısmı ise soğurulmadan yani kaybolan akıdan sorumludur.

$$V_{\text{Nükleer}}(r) = V + iW \quad (2)$$

Nükleer potansiyelin reel ( $V$ ) ve sanal ( $W$ ) kısımlarını Woods-Saxon formunda yazacak olursak,

## Microscopic Optical Model Aanalysis

$$V_{Nükleer}(r) = - \left[ \frac{V_0}{1 + \exp\left(\frac{r-R_V}{a_V}\right)} \right] + i \left[ \frac{-W_0}{1 + \exp\left(\frac{r-R_W}{a_W}\right)} \right] \quad (3)$$

Gerçekleştirilen analizlerde nükleer potansiyelin reel ve sanal kısmının formları W-S alınarak analizler yapılmıştır. Çizelge 1.'de kullanılan parametre setleri yer almaktadır.

Nokta yük  $Z_P e$  ve  $Z_T e$  yüklerinden dolayı oluşan Coulomb potansiyeli [14], düzgün dağılmış küre için kürenin yarıçapı  $R_c$  olmak üzere:

$$V_C(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_P Z_T e^2}{r} \quad r \geq R_c \quad (4)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_P Z_T e^2}{2R_c} \left( 3 - \frac{r^2}{R_c^2} \right) \quad r < R_c$$

Burada mermi ve hedef çekirdek birleşmediği sürece Coulomb potansiyeli noktasal alınabilir. Bu potansiyel reaksiyon önleyicidir ve nükleer reaksiyonun gerçekleşebilmesi için Coulomb bariyerinin aşılması gerekmektedir. Bariyer enerjisi kabaca  $V_b = \frac{1.44 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{R_c}$  şeklindedir. Burada  $Z_1$  ve  $Z_2$  sırasıyla mermi ve hedef çekirdeklerin atom numarasıdır ve Coulomb yarıçapı,  $R_c = r_0 \cdot (A_M^{1/3} + A_m^{1/3})$ 'dır. Tüm hesaplamalarda  $r_0 = 1.30 \text{ fm}$  olarak alınmıştır. Hesaplanan bariyer enerjisi,  $V_b = 18.497 \text{ MeV}$ 'dir.

Merkezcil potansiyel mermi ve hedef çekirdeğin bağlı açısız momentumdan doğar ve şiddeti aşağıdaki gibidir:

$$V_l(r) = \frac{(l+1)l\hbar^2}{2\mu r^2} \quad (5)$$

Denklem 5'de görüldüğü üzere merkezcil potansiyel açısız momentum kuantum sayısına bağlıdır. Merkezcil potansiyel, çekirdeğin nükleer potansiyelinden dolayı kendi içine çökmesini önleyen şiddetli bir bariyerdir. OM analizlerinde FRESKO[15] kod programı kullanılmıştır. Deneysel data deneysel nükleer data bankası olan EXFOR [16]'dan alınmıştır.

**Çizelge 1.**  $^7\text{Be} + ^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma sisteminin OM analizlerinde kullanılan parametreler ve elde edilen reaksiyon çıktıları. Mikroskobik OM hesaplamalarında normalizasyon katsayısı,  $N_R = 0.30$  olarak alınmıştır.

Model	$V_0$ (MeV)	$r_v$ (fm)	$a_v$ (fm)	$W_0$ (MeV)	$r_w$ (fm)	$a_w$ (fm)	$\sigma$ mb	$J_v$ MeV.fm <sup>3</sup>	$J_w$ MeV.fm <sup>3</sup>	$\chi^2/N$
<b>Fenomenolojik</b>	<b>175.00</b>	<b>1.05</b>	<b>0.5</b>	<b>6.50</b>	<b>1.44</b>	<b>0.4</b>	<b>465.895</b>	<b>431.454</b>	<b>39.6261</b>	<b>1.072</b>
<b>Mikroskobik</b>	-	-	-	<b>4.25</b>	<b>1.44</b>	<b>0.3</b>	<b>394.908</b>	<b>418.303</b>	<b>25.657</b>	<b>0.894</b>
<b>3p-F Y.D.</b>	-	-	-	<b>4.10</b>	<b>1.44</b>	<b>0.3</b>	<b>387.645</b>	<b>416.708</b>	<b>24.751</b>	<b>0.932</b>
<b>Mikroskobik</b>	-	-	-	<b>4.10</b>	<b>1.44</b>	<b>0.3</b>	<b>387.645</b>	<b>416.708</b>	<b>24.751</b>	<b>0.932</b>
<b>Gausyen Y.D.</b>	-	-	-	<b>4.10</b>	<b>1.44</b>	<b>0.3</b>	<b>387.645</b>	<b>416.708</b>	<b>24.751</b>	<b>0.932</b>

### 2.1.2 Hacim İntegralleri

Optik model analizlerinde deneysel verileri açıklamada kullanılacak olan nükleer potansiyelin gerçel ve sanal kısımlarının tüm uzay üzerinden integralinin alınması ile

$$J_{v,w}(E) = \frac{4\pi}{A_P A_T} \int_0^\infty V_{V,W}(r) r^2 dr \quad (6)$$

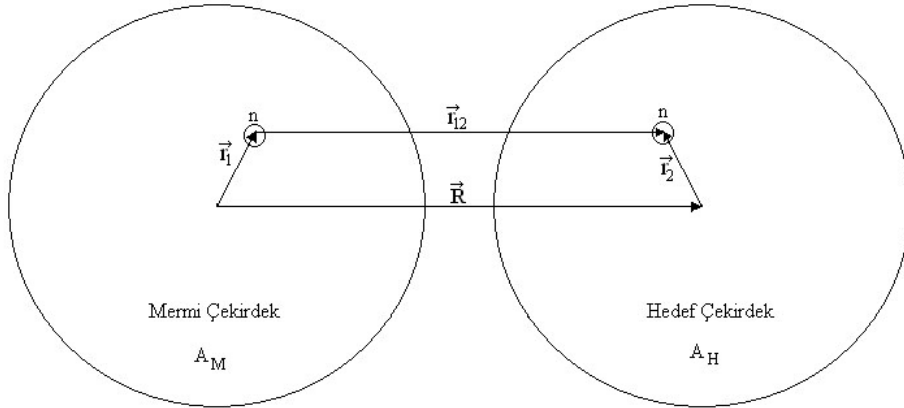
şeklinde elde edilen hacim integralleri, teorik hesaplamaların kontrolünde önemli bir yere sahiptir. Hacim integrallerinin deneysel veriyi yorumlamakta nükleer potansiyelinden daha kullanışlı olduğu bilinmektedir. Hatta saçılma durumlarının nükleer potansiyelin şekline aşırı hassas olduğu durumlarda bile hacim integrali farklı parametreler için aynı kalabilmektedir [17]. Hacim integrallerinin enerjiye bağımlılığı özellikle Coulomb bariyeri civarında, eşik anomalisi (anormalliği) davranışı ile kendini belli eder.

### 2.1.3. Mikroskobik Optik Model Analizi

Mermi ve hedef çekirdek arasındaki etkileşimi hesaplamak için geliştirilmiş modellerden birisi de Çift-Katlı İntegral (Double-Folding, DF) yöntemidir. Bu yöntem, etkileşen iki çekirdeğin yoğunluk dağılımları üzerinden nükleon-nükleon etkileşiminin integralini alarak reel potansiyeli hesaplamamıza olanak sağlar.

$$V_{DF}(R) = \iint \rho_M(r_1) \rho_H(r_2) v_{nn}(r_{12}) d^3r_1 d^3r_2, \quad r_{12} = R - r_1 - r_2 \quad (7)$$

Burada integral, iki çekirdeğe bağlı olarak iki katlı olarak hesaplanmaktadır. Burada  $\rho_M$  ve  $\rho_H$ , sırasıyla mermi ve hedef çekirdeklerin yoğunluk dağılımları ve  $v_{nn}(r_{12})$  etkin nükleon-nükleon etkileşimidir. Şekil 1'de iki çekirdeğin etkileşiminde kullanılan Çift-Katlı modelin temsili gösterimi yer almaktadır.



Şekil 1. Nükleon-nükleon etkileşimini temel alan double folding potansiyelin şekli

Double-Folding (DF) integrali çift katlı bir integral olmasına karşın fourier dönüşümleri alınarak konvolüsyon teoremi yardımıyla hesaplanabilir. Gerçekleştirilecek analizlerde uygun dağılım fonksiyonları ve etkileşim potansiyeli tanımlanmasıyla DF modeli birçok çekirdek için başarılı sonuçlar vermektedir.

### 2.1.3.1. Çekirdek Yoğunluk Dağılımı

Yoğunluk dağılım fonksiyonları deneysel olarak elde edilebileceği gibi çekirdeğin bazı gözlenebilirlerini sağlayan çeşitli dağılım fonksiyonları da kullanılabilir. Bu yoğunluk dağılımları; Gaussian dağılımı, Fermi dağılımı, Yukawa ve Woods-Saxon gibi fonksiyonların

$$4\pi \int \rho_A(r) r^2 dr = A \quad (8)$$

şeklinde kütle numarasına normalize edilmesi ve Denklem 9. ve Denklem 10.'da verilen eşitliklerin *RMS* i verecek şekilde normalize edilmesi sonucu difüzyon parametresinin ayarlanmasıyla elde edilebilir.

$$rms = \sqrt{\langle r^2 \rangle} \quad (9)$$

$$\langle r^2 \rangle = \frac{\int \rho_A(r) r^4 dr}{\int \rho_A(r) r^2 dr} \quad (10)$$

Mikroskopik Optik model hesaplamalarımızda, <sup>7</sup>Be egzotik çekirdeği için sırasıyla fenomenolojik yaklaşımla 3p-Fermi (3p-F) ve Gaussian formundaki madde yoğunluk dağılımlarını,

3p-F Formu;

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{\left[1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right)\right]} \quad (11)$$

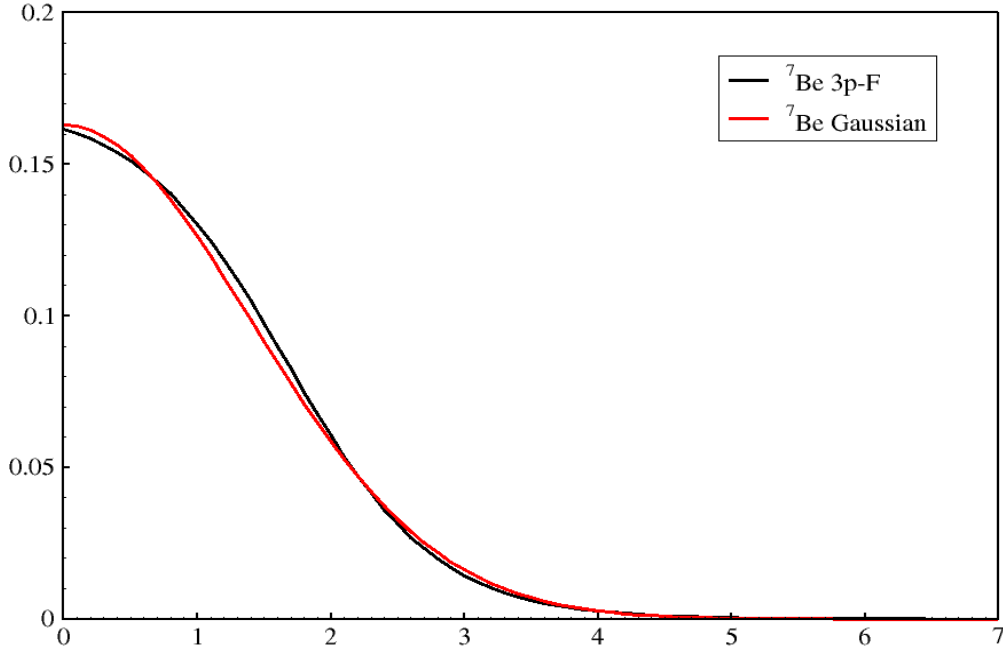
$\rho_0=0.169946$ ,  $R=r_0 \times (A^{1/3}) - 0.84$  fm,  $r_0=1.31$  fm ve  $a=0.56$  fm olarak alınmıştır.

Gaussian Formu;

$$\rho(r) = \rho_0 * \text{Exp}\left[-\left(\frac{r}{\beta}\right)^2\right] \quad (12)$$

$\rho_0=0.162953$  fm<sup>-3</sup>,  $\beta=1.975921$  fm

yoğunluk dağılımlarını kullandık. <sup>7</sup>Be egzotik çekirdeğinin madde yoğunluk dağılımlarının radyal dağılımları Şekil 2.'de gösterilmiştir. Hesaplanan RMS değerleri, sırasıyla **rms**<sub>3p-F</sub> =2.45 fm ve **rms**<sub>Gaussian</sub> =2.42 fm olarak elde edilmiştir.



Şekil 2. Zayıf bağlı  ${}^7\text{Be}$  egzotik çekirdeği için önerilen fenomenolojik formdaki madde yoğunluk dağılım radyal grafiği.

### 2.1.3.2. Nükleon-Nükleon Etkileşimi

Deneyssel dataları açıklamak için geliştirilmiş efektif etkileşimlerin yaygın olarak en çok kullanılanı M3Y terimidir. M3Y [18] etkileşim terimi spin ve izospin bağımsız kabul edilerek yazılabilir;

$$v_{00}(r) = \left[ 7999 \frac{e^{-4r}}{4r} - 2314 \frac{e^{2.5r}}{2.5r} \right] \text{MeV} \quad (13)$$

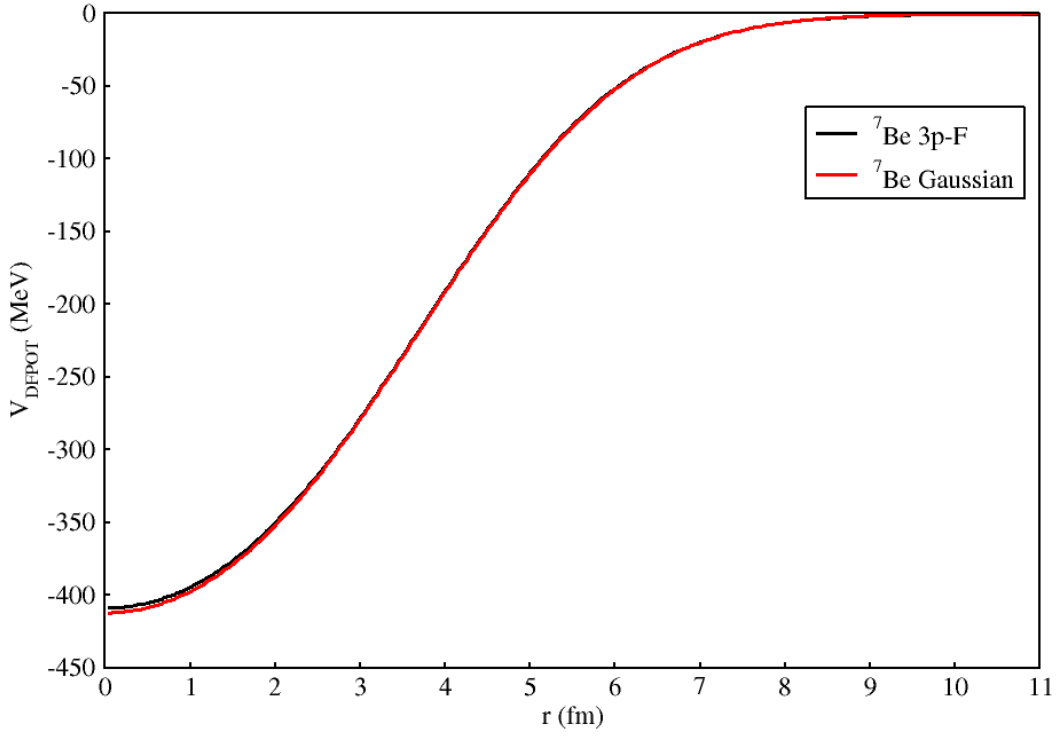
Şayet mermi ve hedef çekirdekler arasındaki nükleon değiş-tokuşu dikkate alınırsa bu potansiyellere olarak tek-pion değiş-tokuş terimi eklenmelidir. Bu değiş-tokuş terimi M3Y-Reid için

$$J_{00}(E) = -276 \left[ 1 - \frac{0.005E}{A_M} \right] \text{MeVfm}^3 \quad (14)$$

şeklindedir.

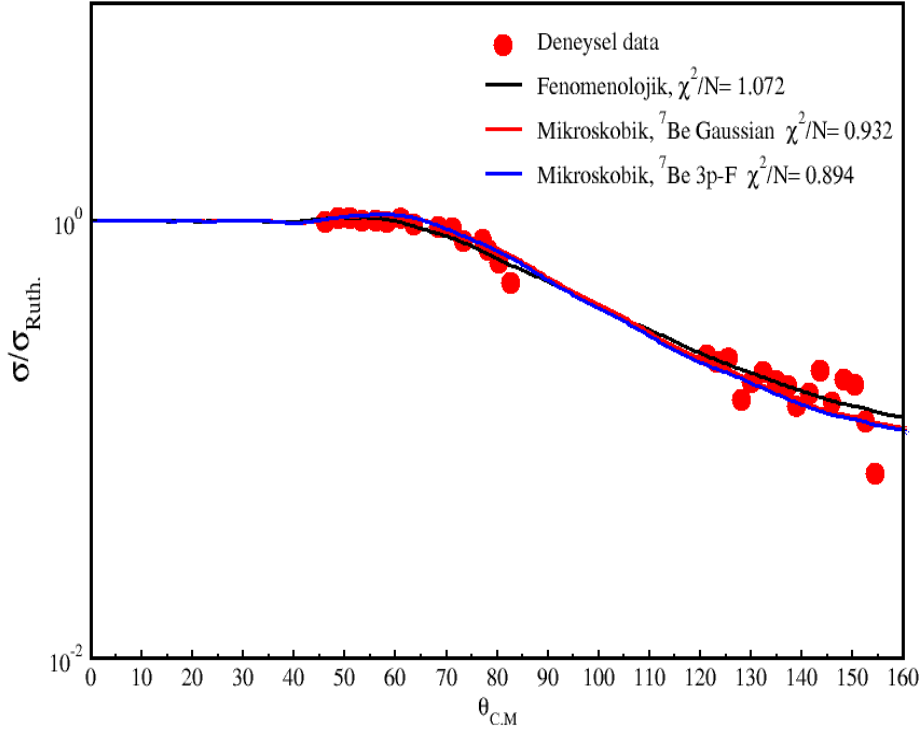
Şekil 3'te hesaplanan reel DF potansiyel derinliğinin radyal dağılımı yer almaktadır. Her iki nükleer madde yoğunluk dağılım formunun benzer davranış gösterdiği görülmektedir.

## Microscopic Optical Model Aanalysis



**Şekil 3.** Zayıf bağlı  ${}^7\text{Be}$  egzotik çekirdeğinin iki farklı nükleer madde yoğunluk dağılımı kullanılarak hesaplanan reel DF potansiyel derinliğinin radyal dağılımı.

Yoğunluk ve efektif etkileşimdeki belirsizlikler yüzünden folding potansiyelin, dataları iyi bir şekilde fit edebilmesi için tekrardan normalizasyonu yapılmalıdır. Mikroskobik OM hesaplamalarında reel potansiyeli elde etmek için,  ${}^{58}\text{Ni}$  çekirdeğinin yoğunluk dağılımını RIPL-2 [19]'den alınmıştır ve DF potansiyel hesaplamasında DF POT [20] programını kullanılarak analizler yapılmıştır. Şekil 4.'te gerçekleştirilen OM analizine



**Şekil 4.**  ${}^7\text{Be}+{}^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma açısız dağılım deneysel dasetasının OM analizlerinin hesaplamasının açısız dağılımı. i) Siyah kalın çizgiler fenomenolojik analizi, ii) kırmızı ve mavi kalın çizgiler mikroskobik analizde  ${}^7\text{Be}$  için sırasıyla Gaussian ve 3p-F formundaki yoğunluk dağılımları kullanılarak gerçekleştirilen mikroskobik analizi göstermektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bölüm 2’de verilen fenomenolojik ve mikroskobik potansiyel tanımlamaları sonrasında,  ${}^7\text{Be}+{}^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma açısız dağılım deneysel dasetasının  $E_{\text{Lab}}=23.2$  MeV gelme enerjisinde OM analizi gerçekleştirildi. Egzotik çekirdeklere özgü soğurulma mekanizmasında nükleer potansiyelin sanal kısmının yarıçap ve difüzyon parametre değeri için yapılan taramalar sonrasında küçük  $\chi^2/N$  hata oranını veren parametre değeri ve çıktılar Çizelge 1’de yer almaktadır. Yapılan fenomenolojik ve mikroskobik OM hesaplamalarında kompleks formdaki nükleer potansiyelin geometrisindeki belirsizliği ortandan kaldırmak için parametre setlerindeki sanal ve reel potansiyel derinlikleri serbest bırakılarak diğer parametreleri sabitlenerek yapılan analizlerde, sanal yarıçapın  $r_w=1.44$  fm değerinde deneysel dasetanın fit analizinin iyi sonuçlar verdiğini gözlemledik ve analizlerde küçük hata oranı,  $\chi^2/N$ , elde ettik. Çizelge 1’de OM analizlerinde saçılma sisteminin fenomenolojik ve mikroskobik analizlerinde kullanılan parametre setler ve hesaplama çıktıları yer almaktadır. Çizelge 1’de görüldüğü üzere mikroskobik analizde sanal difüzyon parametresi,  $a_w=0.3$  fm olarak alınmıştır. Ayrıca yine Mikroskobik analizlerde, DF yöntemi elde edilen reel potansiyelin normalizasyonu prosedüründe normalizasyon katsayısı 1’e eşitlenerek yapılan analizlerde hata oranı çok yüksek çıkmış ve deneysel dasetanın fiti mümkün olmamıştır. Sonrasında sanal potansiyel derinliği sabit tutularak yapılan analizlerde normalizasyon katsayısı 0.1 adımlarla arttırılarak ya da azaltılarak düşük hata oranı değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde normalizasyon katsayısının,  $N_R=0.3$  değeri için düşük hata oranı verdiği gözlemlenmiştir. Etkin Çekirdek-çekirdek etkileşiminde baskın bir potansiyel söz konusu olduğundan normalizasyon katsayısını uygun değerde sabitlemek gerekiyordu. Yapılan hata analizleri sonucunda küçük  $\chi^2/N$  hata oranını veren parametre setleri için Şekil 4’de elastik açısız dağılım deneysel dasetasının sırasıyla fenomenolojik OM ve mikroskobik OM teorik hesaplamaları ile karşılaştırmaları yer almaktadır. Çizelge 1’de dikkatli bakıldığında fenomenolojik potansiyel ile gerçekleştirilen analizde klasik Coulomb pikinde zayıflama görülmektedir. Mikroskobik potansiyeller kullanıldığında Coulomb pikinde artış



bariz şekilde görülmektedir. Bu artışa sebep olarak düşük olan sanal difüzyon parametresinin,  $a_w=0.3$  fm değeri için dipolleşmeye katkısı gösterilebilir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak, incelenen  ${}^7\text{Be}+{}^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma sisteminin açısal dağılımı Optik model analizi çerçevesinde hem fenomenolojik Optik model hem de mikroskobik Optik model ile tekrardan incelenmiştir. Yapılan bu teorik analiz çalışmasındaki temel amaç;  ${}^7\text{Be}$  zayıf-bağlı egzotik çekirdeği için nükleer madde yoğunluk dağılımlarının formunun reaksiyon dinamiğine katkısını incelemektir. OM analizlerinde hem fenomenolojik hem de mikroskobik analizlerde küçük hata oranı,  $\chi^2/N$ , değerleri için deneysel datayı başarılı bir şekilde açıkladığı görülmüştür. Yalnız mikroskobik analizlerde  ${}^7\text{Be}$  zayıf bağli egzotik çekirdeği için normalizasyon denklemleri kullanılarak ilk kez fenomenolojik formdaki 3p-F ve Gaussian yoğunluk dağılımları kullanılarak yapılan analizlerde düşük hata oranları elde edilmiştir ve deneysel veriler daha iyi açıklanmıştır. Beklenildiği üzere etkin nükleon-nükleon etkileşim temelli mikroskobik OM analizleri fenomenolojik analizlere kıyasla daha başarılı bir şekilde deneysel datayı fit etmiştir. Ayrıca fenomenolojik analizlere kıyasla mikroskobik analizlerde sanal difüzyon parametresinin  $a_w=0.3$  fm değeri için dipol etkisi zayıfta olsa gözlenmiştir. Reaksiyon tesir kesitlerine baktıkça bu sanal difüzyon parametresinin artışı tesir kesitleri dolayısıyla parçalanma olasılığını da artırmaktır. Analiz çalışmalarından çıkan bir başka sonuç ise,  ${}^7\text{Be}+{}^{58}\text{Ni}$  elastik saçılma sisteminin bariyer civarındaki tüm gelme enerji değerleri için Eşik Anomalisi (Threshold Anomaly, TA) [17] davranışının yanı sıra “Parçalanma Eşik Anomalisi” davranışı (Breakup Threshold Anomaly, BTA [21]) olasılığının incelenmesinde fayda var. Çünkü bariyerin çok üzerinde özellikle çok cisim yaklaşımı ile transfer ve parçalanma olasılığını gözlemlemek daha iyi olacaktır.

#### KAYNAKLAR

1. M. Y. Lee et al., Nucl. Instrum. Methods A 422, 536 (1999).
2. Y. Kucuk et al., Phys. Rev. C 80, 054602 (2009).
3. I. Tanihata, Phys. Lett. B 160 (6), 380-384 (1995).
4. E. F. Aguilera et al., Phys. Rev. C 79, 021601(R) (2009).
5. Y. Suzuki et al. Structure and Reactions of Light Exotic Nuclei (Taylor & Francis, London, 2003).
6. J. F. Liang et al., Phys. Lett. B 491,23 (2000).
7. J. S. Al-Khalili and J. A. Tostevin, arxiv:nucl-th/9604033v1 (1996).
8. L. Acosta et al., Eur. Phys. J. A 42, 461-464 (2009).
9. M. Mazzocco et al., Eur. Phys. J. A 52, 295 (2006).
10. M. Mazzocco et al., Eur. Phys. J. ST 150, 37 (2007).
11. M. Mazzocco et al., Acta Phys. Pol. B 45, 2 (2014).
12. R. Raabe et al., Phys. Rev. C 74, 044606 (2006).
13. M. Mazzocco et al., Jour. of Phys.: Conf. Series 420, 012077 (2013).
14. G. R. Satchler, Direct Nuclear Reactions (Oxford University Press, Oxford, 1983).
15. I.J. Thompson, Comput. Phys. Rep. 7, 167 (1988).
16. EXFOR, Experimental Nuclear Reaction Data, Database version of November 02 (2011).
17. G. R. Satchler, Heavy-Ion Scattering and Reactions Near The Coulomb Barrier and Thereshold Anomalies. Physics Report, 199 (3): 147-190 (1991).
18. G. R. Satchler and W. G. Love, Phys. Reports 55, 183 (1979).
19. RIPL-2 (Reference Input Library), <http://www.nds.iaea.org/RIPL-2/>.
20. DFPOT, J. Cook, Com. Phys. Comm. 25, 125-139 (1982).
21. M. S. Hussein et al., Phys. Rev. C 73, 044610 (2006).